Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME VI — 20 JUILLET 1904

(VINGT-HUITIÈME ANNÉE; TOME LVI DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(**M. J. Thirion**)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1904

08. 3. 1168. July 2

PIE X

ET LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Pendant sa session de Pâques 1904, la *Société scientifique*, sur la proposition de son Conseil général, a voté par acclamation l'envoi de l'adresse suivante à Sa Sainteté le Pape Pie X :

« Très Saint Père,

» La Société scientifique de Bruxelles, réunie pour la première fois depuis l'avènement de Votre Sainteté au trône pontifical en assemblée plénière de Pâques, est heureuse d'offrir au Vicaire de Jésus-Christ l'hommage de son plus profond respect et de son entière et filiale soumission.

» Fondée en 1875, avec la bénédiction apostolique de Sa Sainteté Pie IX ; encouragée, quatre ans plus tard, par Sa Sainteté Léon XIII, qui daigna la féliciter de nouveau, en 1901, après vingt-cinq ans d'existence, la Société scientifique de Bruxelles s'est efforcée, sans défaillance et non sans fruits, de prouver, par sa soumission aux enseignements de l'Église et par les travaux de ses membres, publiés dans les vingt-huit volumes de ses Annales et les cinquante-cinq volumes de sa Revue des Questions scientifiques, que, suivant sa devise empruntée aux constitutions du Concile du Vatican, *il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison.*

« Prosternée aux pieds de Votre Sainteté, elle demande humblement que Votre bénédiction, Très Saint Père, la soutienne dans l'œuvre importante à laquelle elle s'est vouée, encourage ses efforts et en assure l'heureuse fécondité. »

Cette adresse fut remise, par le Conseil de la Société, le 29 avril 1904, à Son Excellence Mgr Vico, Nonce apostolique près Sa Majesté le Roi des Belges, qui voulut bien la transmettre au Saint Père.

Quelques jours plus tard, M. le chanoine Delvigne, président en exercice de la Société scientifique, recevait de Son Éminence le Cardinal Merry del Val, Secrétaire d'État, la lettre dont nous donnons ici le texte original et la traduction.

« Illmo Signore,

« Trasmesso da Mons. Nunzio di Bruxelles, è pervenuto al Santo Padre il nobile indirizzo della Società scientifica, di cui la S. V. Illma è degno Presidente. Per incarico quindi dell' Augusto Pontifice mi è grato significarle che Sua Santità si è vivamente compiaciuta dell' omaggio reso alla Sua Venerata Persona da cotesto illustre sodalizio, il quale stimò suo precipuo dovere di umiliare ossequio ed osservanza al Vicario di Christo fin dalla prima assemblea tenuta sotto il novello Pontificato. La Santità Sua, bene apprezzando siffatto officio, e rilevando d'altra parte con alta soddisfazione il rettissimo ed onorevole programma della sullodata Società, la cui divisa è ispirata ai principii sanciti anche nel Concilio Vaticano, ha tributato assai volontieri un particolare encomio a Lei ed a tutti i socii, e mentre ha espressi i più caldi ringraziamenti per un atto così cortese, non ha indugiato a dichiarare che integra ed anzi di gran lunga accresciuta perdura nell' animo Suo la benevolenza, onde il detto

Sodalizio fu onorato da Pio IX e da Leone XIII, di sa: me: Il Santo Padre confida inoltre, che i singoli socii, del cui sapere ama nutrire la stima più lusinghiera, si studieranno incessantemente di meritare sempre meglio della Religione e delle scienze, e mentre ha invocati su di loro gli aiuti celesti, li ha di gran cuore benedetti.

» Colgo poi con piacere l'opportunità per dichiararmi con sensi di distinta stima,

» Di V. S. Illma

» Affmo per servirla
» R. Card. Merry del Val.

» Roma, 5 maggio 1904.

» *Rmo* Adolfo Delvigne,
» *Presidente della Società scientifica di Bruxelles.* »

« Illustrissime Seigneur,

» La noble adresse de la Société scientifique, dont Votre Seigneurie illustrissime est le digne Président, est parvenue au Saint Père par l'entremise de Mgr le Nonce de Bruxelles. Il m'est agréable de vous faire savoir, au nom de l'Auguste Pontife, que Sa Sainteté a reçu avec grande joie l'hommage rendu à Sa Personne Vénérée par cette illustre association qui s'est fait un impérieux devoir de témoigner son humble et respectueuse soumission au Vicaire du Christ dès sa première assemblée tenue sous le nouveau Pontificat. Sa Sainteté appréciant justement cet hommage et considérant d'autre part avec une vive satisfaction le programme, si sage et si honorable, de votre Société, dont la devise s'inspire des principes mêmes sanctionnés par le Concile du Vatican, vous a très volontiers accordé, à vous et à tous les membres, un éloge

spécial ; et en même temps qu'Elle exprimait ses remercîments les plus chaleureux pour votre aimable attention, Elle n'a pas hésité à déclarer que la bienveillance dont Votre Société a été honorée par Pie IX et Léon XIII, de sainte mémoire, demeure entière et qu'elle s'est même de beaucoup accrue dans son cœur. Le Saint Père a l'espoir fondé que tous les membres, pour le savoir desquels il aime à nourrir l'estime la plus flatteuse, s'efforceront sans trêve de mériter toujours davantage de la Religion et des sciences, et tandis qu'Elle invoquait pour eux les secours célestes, Elle les a bénis de grand cœur.

» Je saisis avec plaisir cette occasion de me déclarer, avec des sentiments de considération distinguée,

» De Votre Seigneurie illustrissime
» le très affectionné serviteur,
» R. Card. MERRY DEL VAL.

» Rome, le 5 mai 1904.

» *Au Révérend Monsieur* ADOLPHE DELVIGNE,
» *Président de la Société scientifique de Bruxelles.* »

La *Société scientifique* reçoit avec la plus vive reconnaissance ces félicitations pour le but qu'elle s'est proposé, et cette bénédiction apostolique qui lui présage de nouveaux succès. Cette lettre, si pleine d'affectueuse bienveillance, est, avec les témoignages d'estime, les éloges réitérés et les paternelles exhortations de Pie IX et de Léon XIII, le plus précieux encouragement qu'elle ait reçu.

C'est de tout cœur que nous redoublerons d'efforts pour nous en montrer dignes.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre VI

LA STATIQUE DU MOYEN AGE. JORDANUS DE NEMORE

Le fragment *De ponderoso et levi*, attribué à Euclide; les quatre propositions nommées *Liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam*; le traité *De canonio;* le *Liber Karastonis* publié par Thâbit ibn Kurrah; tels paraissent être, avec les *Quæstiones mechanicæ* d'Aristote, les seuls débris de la Statique hellène qui aient été utilisés par les géomètres du moyen âge. De la méthode d'Archimède, ils ne paraissent pas avoir eu connaissance; ils ne l'ont jamais suivie en leurs travaux. Quant aux Arabes, ils semblent n'être intervenus que pour transmettre aux Occidentaux les reliques de la science alexandrine.

Nous allons voir, maintenant, l'intelligence occidentale s'emparer de ces débris et les incorporer aux systèmes mécaniques qu'elle va construire. Nous allons assister à un travail de transformation et d'organisation, prodigieusement intense et puissant, qui produira la Statique moderne. Or, à ces efforts géniaux par lesquels le moyen âge va créer quelques-unes des idées dont la fécondité n'est point encore épuisée, il nous est presque toujours impossible d'attacher le nom d'un auteur; ceux qui les ont produits

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, pp. 463-516, et avril 1904, pp. 560-596.

sont à tout jamais oubliés; leurs découvertes sont venues grossir l'œuvre de l'un d'entre eux, qui fut sans doute leur maître; mais, si le nom de ce dernier nous est parvenu, aucun renseignement certain ne nous permet d'esquisser quelques traits de l'homme que fut Jordanus de Nemore.

1. *Que savons-nous de Jordanus de Nemore?*

« Jordanus Nemorarius, qui vécut vers l'an 1230, dit Montucla (1), fut un homme très intelligent en géométrie et en arithmétique. » Chasles écrit (2) également : « Jordan était un très savant géomètre qui a écrit sur toutes les branches des mathématiques, même sur la Statique, partie dans laquelle il n'a eu que très tard des imitateurs. A la Renaissance, Jordan était très connu des géomètres italiens; Lucas de Burgo le cite souvent. »

L'*Arithmétique* de Jordanus ou Jordanis paraît avoir été un écrit tout à fait classique dès le XIIIe siècle, si l'on en juge par le grand nombre de manuscrits de l'*Arismetica* ou des *Elementa Arismetice* que l'on trouve dans les diverses bibliothèques. Aussi cet ouvrage fut-il imprimé de bonne heure par les soins de Lefèvre d'Étaples (Faber Stapulensis) qui, sans altérer le texte de Jordanus, y ajouta de nouveaux théorèmes avec ses propres démonstrations. L'édition (3), sous forme d'un in-folio gothique, parut à Paris en 1496. Une seconde édition, due également aux soins de Lefèvre d'Étaples, fut faite en 1514.

Jordanus a composé, sous le titre *De numeris datis* ou

(1) Montucla, *Histoire des Mathématiques*, t. I, p. 506; Paris, an VII.

(2) Chasles, *Histoire de l'Algèbre. Sur l'époque où l'Algèbre a été introduite en Europe.* (COMPTES RENDUS, 6 sept. 1843, t. XIII, p. 507).

(3) In hoc opere contenta : Jordani Nemorarii arithmetica decem libris demonstrata; Musica libris demonstrata quatuor, per Jacob. Fabrum Stapul.; Epitome in libros arithmeticos divi Severini Boetii; Ritmachie ludus qui et pugna numerorum appellatur. Parisiis. Jo. Higman et Volg. Hopil. 1496, in-fol. goth. 72 ff. (Cf. Græsse, *Trésor de livres rares et précieux*, t. III. — J. Ch. Brunet, *Manuel du libraire et de l'amateur de livres*, p. 566).

De lineis datis, un traité dont Regiomontanus parle (1) en termes élogieux : « Tres libros de datis numerorum pulcherrimos edidit Jordanus ». Maurolycus n'attachait pas moins d'importance à cet écrit, car il l'inscrivait dans la liste (2) des traités qu'il voulait faire imprimer. Chasles en a signalé (3) le haut intérêt pour l'histoire des opérations algébriques. Cependant, il n'a été édité que de notre temps, d'abord par Treuttlein (4), puis par Maximilien Curtze (5).

En 1534, Johannes Schöner publia chez Petreius de Nüremberg un traité intitulé *Algorithmus demonstratus*, dont le manuscrit avait été trouvé dans les papiers de Regiomontanus et qui, avec grande vraisemblance, est attribué à Jordanus (6).

L'algébriste, en Jordanus, se doublait d'un géomètre, dont les remarquables facultés d'invention apparaissent dans le traité *De triangulis*, publié par Maximilien Curtze (7).

(1) Regiomontanus, *Oratio in prælectiones Afragani*, Norimbergæ, 1537, in-4°. — Cf. Chasles, *Histoire de l'Algèbre. Sur l'époque où l'Algèbre a été introduite en Europe.* (COMPTES RENDUS, t. XIII, 1845, p. 507).

(2) D. Francisci Maurolyci *Opuscula mathematica*, Venetiis, 1575. Index lucubrationum. Cette liste est reproduite dans Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, Paris, 1840, t. III, p. 245.

(3) Chasles, *Histoire de l'Algèbre. Note sur la nature des opérations algébriques (dont la connaissance a été attribuée à tort à Fibonacci). — Des droits de Viète méconnus* (COMPTES RENDUS, 5 mai 1841, t. XII, p. 745).

(4) Treuttlein, ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, Bd. XXIV, Supplément, pp. 155 et 156, 1879.

(5) M. Curtze, ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, Bd. XXXVI, Histor. litterar. Abtheilung, pp. 1, 41, 81, 121 ; 1891.

(6) Voir à ce sujet Treuttlein, ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, Bd. XXIV, Supplément, p. 152 ; 1879. — L'attribution de l'*Algorithmus demonstratus* à Jordanus a été récemment révoquée en doute par M. G. Eneström en un écrit intitulé : *Ist Jordanus Nemorarius Verfasser der Schrift « Algorithmus demonstratus » ?* (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3te Folge, Bd. V, p. 9 ; 1904).

(7) Maximilian Curtze, *Jordani Nemorarii de triangulis libri quatuor* (MITTHEILUNG DES COPERNICUS-VEREINS FÜR WISSENSCHAFT UND KUNST ZU THORN, 1887, Heft VI.)

Des démonstrations géométriques importantes se trouvent également dans un écrit cosmographique qui a été édité à Bâle en 1507, 1536 et 1558 (1). Mais l'attribution de cet ouvrage à Jordanus mériterait peut-être un nouvel examen. Nous avons trouvé le texte de cet ouvrage dans la collection d'écrits mathématiques et astronomiques conservés à la Bibliothèque Mazarine sous le n° 3642 (ancien 1258). Il est associé à un écrit où l'on montre, sous le nom de *Compotus manualis*, comment la main peut servir de calendrier perpétuel. Dans la table des matières par laquelle s'ouvre cette collection, on lit *Compotus Manualis. Liber Jordani de Astrolabio. Liber compoti manualis. — Liber tractatus Jordani de Astrolabio.* Mais, dans le texte, cet écrit est attribué non plus à Jordanus, mais à un nommé Hermann : *Tractatus Hermanni de Astrolabio.*

Heilbronner (2) mentionne, dans un manuscrit de la Bibliothèque Bodley d'Oxford, un *Tractatus Jordani de speculis*. Cet ouvrage, connu seulement par le titre, est réputé douteux par M. Moritz Cantor (3). Nous avons été assez heureux pour trouver un exemplaire de cet écrit dans une très précieuse collection manuscrite, due à la main d'Arnaud de Bruxelles, et conservée à la Bibliothèque Nationale sous le n° 10 252 (fonds latin). Au recto du feuillet 136, on lit : *Incipit tractatus Jordani de speculis cum comento super eodem ;* et au verso du feuillet 140 : *Explicit liber de speculis. — Incipiunt elementa Jordani de ponderibus.* Ce traité de catoptrique est écrit dans la manière claire et sobre qui caractérise Jordanus.

Si à ce traité *De speculis* on joint l'écrit de Statique intitulé *De ponderibus*, que nous analyserons en détail au

(1) Chasles, *Aperçu historique*, p. 516. — Weidler, *Historia Astronomiae*, 1741, p. 276.

(2) Heilbronner, *Historia matheseos universae*, 1742, p. 604. — Chasles, *Aperçu historique*, p. 517.

(3) Moritz Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, Bd. II, p. 54, 1892.

§ 3, on aura une idée de la puissance intellectuelle de l'auteur généralement connu sous le nom de Jordanus Nemorarius.

Toutefois, l'admiration pour une telle fécondité devra peut-être être tempérée par quelques réserves ; nous verrons que, dès le XIIIe siècle, on attribuait au seul Jordanus trois traités de Statique, issus sans doute d'une même École, mais bien différents et portant la marque de trois auteurs au moins ; il ne nous étonnerait pas que semblable confusion se fût renouvelée en d'autres circonstances ; que la collection d'écrits mathématiques dont nous avons relaté les titres fût l'œuvre d'une pléiade de géomètres et que de leurs noms, tombés dans l'oubli, un seul nous fût parvenu ; la réputation qu'ils auraient justement méritée aurait servi à accroître celle de Jordanus.

De la personne de cet auteur, connaissons-nous quelque chose de précis? Rien, pas même le pays qui l'a vu naître, pas même l'époque à laquelle il vécut. Des conjectures vagues et contradictoires, c'est tout ce que nous pouvons formuler au sujet de ce grand géomètre.

Mentionnons d'abord l'opinion de la *Biographie Universelle* de Michaud, qui identifie l'auteur du *De ponderibus* avec Raimond Jordan, prévôt de l'église d'Uzès en 1381, auteur des ouvrages insérés dans la Bibliothèque des Pères sous l'étrange pseudonyme d'*Idiota*. Cette opinion n'est pas soutenable ; nous avons du *De ponderibus* et des autres ouvrages de Jordanus nombre de manuscrits qui remontent au XIIIe siècle.

Daunou (1) nous apprend qu'inversement, certains histotoriens ont fait vivre Jordanus en Allemagne, vers l'an 1050, sous le règne de l'empereur Henri III. Le jésuite Giuseppe Biancani qui, sous le nom de Blancanus, publia en 1615 une *Clarorum mathematicorum chronologia*, le

(1) Daunou, *Histoire littéraire de la France*, t. XVIII, p. 140, Art. Jourdain le Forestier.

place au XIIe siècle ; mais les affirmations de Blancanus sont sujettes à caution (1).

Daunou a essayé de fixer l'époque où vivait Jordanus au moyen de cette considération : « Il aurait cité Campanus de Novare et aurait été cité par lui... Campanus, quelquefois inscrit au XIe siècle, appartient plus probablement au XIIIe » ; et l'auteur de l'*Histoire littéraire de la France* en conclut que Jourdain le Forestier peut avoir commencé ses travaux un peu avant 1185 et avoir terminé sa carrière en 1235. Mais cette conclusion se tire des prémisses par une appréciation inexacte de la date à laquelle vivait Johannes Campanus de Novarra ; celui-ci, que Roger Bacon cite au Chapitre XI de son *Opus tertium* comme un des meilleurs mathématiciens de son temps, était chapelain d'Urbain IV, qui porta la tiare de 1261 à 1281. Si donc Jordanus avait été son contemporain, il aurait écrit beaucoup plus tard que ne le suppose Daunou.

Chasles (2), ayant supposé que Jordanus Nemorarius avait composé ses ouvrages au XIIe siècle, vit son affirmation vivement combattue par Libri (3), qui insista pour que Jordanus Nemorarius fût replacé au XIIIe siècle. Le grand géomètre, dont l'opinion était ainsi contestée, revint à la charge (4) pour prouver que Jordanus avait vécu à la fin du XIIe ou au commencement du XIIIe siècle. Il n'hésita pas à déclarer qu'il croyait inexacte la citation de Campanus par Jordanus, citation que Daunou avait invoquée ; il ajouta : « Une étude approfondie de quelques-uns de ses ouvrages, notamment de son *Algorisme*, m'a persuadé

(1) Voir, à ce sujet, Moritz Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, Bd. II, p. 599.

(2) Chasles, *Histoire de l'Algèbre. Note sur la nature des opérations algébriques (dont la connaissance a été attribuée à tort à Fibonacci). — Des droits de Viète méconnus* (COMPTES RENDUS, 5 mai 1841, t. XII, p. 743).

(3) Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, t. IV, p. 490 ; 1841.

(4) Chasles, *Histoire de l'Algèbre. Sur l'époque où l'Algèbre a été introduite en Europe* (COMPTES RENDUS, 6 sept. 1841, t. XIII, p. 107).

qu'ils sont antérieurs à ceux de Fibonacci, d'Alexandre de Villedieu, de Sacrobosco, de Campanus, etc. »

Chasles avait grandement raison de révoquer en doute la citation que Jordanus aurait faite de Campanus de Novare. Il est bien vrai que le *Liber Jordani Nemorarii viri clarissimi de ponderibus*, publié en 1533 à Nüremberg par Peter Apian, renvoie deux fois (1) le lecteur aux additions dont Campanus avait enrichi les Éléments d'Euclide; mais, comme nous le verrons au Chapitre VII, § 1, le traité publié par Apian est une réédition, fortement étendue, d'un manuscrit très répandu au XVe siècle, sous le nom de *Liber Euclidis* ou de *Liber Jordani de ponderibus* ; ce manuscrit lui-même résultait d'une soudure du traité *De canonio* avec le texte primitif de Jordanus, soudure suivie d'une nouvelle rédaction plus diffuse du second de ces deux ouvrages ; or la citation de Campanus ne se trouve ni dans le *Liber Euclidis de ponderibus*, ni, à plus forte raison, dans le texte primitif de Jordanus.

De nos jours, une hypothèse nouvelle au sujet de Jordanus Nemorarius a été soutenue par Maximilien Curtze, dans l'introduction qu'il a mise à la publication (2) de *Jordani Nemorarii de triangulis libri quatuor*. Ce géomètre ne serait autre que le dominicain Jordan le Saxon.

Une tradition rattache Jordan le Saxon à la famille des comtes d'Eberstein, une autre à la famille von Drach ; selon les uns, il serait né à Borrentrick ou Borrentreich, près de Warburg, dans l'Évêché de Paderborn, partant dans les forêts de l'Eggebirge, ce qui expliquerait le surnom *Nemorarius* ; selon d'autres, dans la seigneurie de Dassel, appartenant au diocèse d'Hidelsheim.

En 1220, à Paris, Jordan le Saxon entra dans l'ordre

(1) Ces deux citations sont au verso du dix-huitième feuillet (titre compris) de l'ouvrage, qui ne porte aucune pagination.

(2) Maximilian Curtze, MITTHEILUNG DES COPERNICUS-VEREINS FÜR WISSENSCHAFT UND KUNST ZU THORN, 1887, Heft VI.

fondé par saint Dominique. Celui-ci étant mort en 1221 à Bologne, le chapitre réuni à Paris en 1222 choisit Jordan comme supérieur général de l'ordre.

Les deux principaux témoignages en faveur de l'identité entre Jordanus Saxo et Jordanus Nemorarius sont les suivants :

En premier lieu, un passage, découvert par Boncompagni, de la chronique composée au XIVe siècle par l'Anglais Nicolas Trivet. Trivet parle de l'élection de 1222 qui éleva Jordanus Saxo au généralat de l'ordre des Frères Prêcheurs ; il déclare à ce sujet que le général élu avait, dans le monde scientifique, une grande réputation de mathématicien ; qu'il avait composé deux traités extrêmement utiles : *De ponderi* et *De lineis datis*.

En second lieu, la Chronique de son Ordre composée en 1420 par le dominicain Jacob von Soest. Par deux fois, il y signale le supérieur général Jordanus comme ayant, entre autres ouvrages, écrit *geometricalia delicata*.

Ces témoignages sont formels. Certains auteurs, cependant, les révoquent en doute ; ni l'un ni l'autre des témoins n'est contemporain de Jordanus Saxo et, à ces époques, les similitudes de nom engendraient vite des confusions. De plus, on s'explique mal que le surnom *Nemorarius* ne figure dans aucun document ecclésiastique ; cette objection, il est vrai, n'a peut-être pas, comme nous le verrons dans un instant, tout le poids qu'on lui attribue. Quoi qu'il en soit, le R. P. Denifle (1) n'admet pas l'identité de Jordanus Saxo avec Jordanus Nemorarius et M. Moritz Cantor (2) réserve son jugement.

A ces tentatives pour arracher le voile qui nous cache si complètement Jordanus Nemorarius, nous sera-t-il permis d'ajouter quelques remarques qui, peut-être, aideront nos successeurs à soulever un coin de ce voile ?

(1) R. P. Denifle, lettre adressée à Maximilien Curtze et insérée par celui-ci dans son travail.

(2) Moritz Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*. Bd. II, p. 53.

Ces remarques concernent, en premier lieu, le nom de notre géomètre.

L'usage a prévalu de le nommer *Jordanus Nemorarius ;* cette appellation, cependant, ne figure dans aucun des nombreux manuscrits qui sont venus à notre connaissance.

La plupart des manuscrits portent simplement Jordanis, Jordanes ou Jordanus ; parfois, d'ailleurs, ces diverses orthographes se rencontrent dans la même pièce d'un même manuscrit.

Lorsqu'une appellation accompagne ce prénom, ce n'est jamais *Nemorarius*, mais *de Nemore ;* parmi les manuscrits dont nous avons pu relever les titres dans les bibliothèques parisiennes, seuls, ceux qui renferment l'Arithmétique (1) de notre géomètre portent le surnom *de Nemore*. Toutefois, Maximilien Curtze (2) signale, à la Bibliothèque de Bâle, un manuscrit, le Ms. F. 33, qui contient, sous le titre *Jordanus de Nemore et Euclides de ponderibus*, la rhapsodie généralement nommée *Liber Euclidis de ponderibus*.

Or, au XIIIe et au XIVe siècle, dans les appellations composées comme Jordanus de Nemore, le second nom, celui que précède la préposition *de*, est ordinairement un nom de lieu, lieu de naissance ou d'origine du personnage que désigne cette appellation : Alexandre de Villedieu, Campanus de Novare, se nomment Alexander de Villa Dei, Campanus de Novarra; nul ne songe à traduire Johannes de Sacrobosco par *Jean du bois sacré*, mais par John of Holywood, Johannes de Muris par *Jean des murailles*, mais par Jean de Murs ; dès lors, au lieu de traduire Jordanis ou Jordanus de Nemore par Jourdain

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin : N° 16644 (XIIIe siècle) *Jordani de Nemore Arismetica* — N° 7364 (XIVe siècle) *Jordani de Nemore Elementorum Arismetice distinctiones decem* — N° 16198 (XIVe siècle) *Jordani de Nemore Elementorum Arismetice* — N° 14757 (XVe siècle) *Jordani de Nemore Elementa Arismetice.*

(2) M. Curtze, *Die angebliche Werke des Euklides über die Waage* (Zeitschrift für Mathematik und Physik, XIXer Jahrgang, p. 265 ; 1874).

ou Jordan le Forestier, ne serait-il pas beaucoup plus naturel d'y voir la latinisation (1) de Giordano de Nemi ?

Que Jordanus de Nemore soit devenu, plus tard, Jordanus Nemorarius, il n'y a rien là qui doive nous étonner ; les exemples abondent de transformations analogues ; Pierre de Maricourt (Petrus Peregrinus), que Roger Bacon nomme Petrus de Maharne-curia, est devenu Petrus Maricurtensis ; Johann Müller de Kœnigsberg, qui se nommait lui-même Johannes de Monte-Regio, a fini par être connu sous le nom de Regiomontanus ; et d'ailleurs, le vocable Jordanus Nemorarius semble avoir été employé pour la première fois par Lefèvre d'Étaples qui donnait de son propre nom la traduction latine : Faber Stapulensis.

Si, comme cela nous paraît plausible, il faut voir dans les mots *de Nemore* ou *Nemorarius* l'indication du village de Nemi, notre grand géomètre serait italien, et l'identification de ce personnage avec Jordan le Saxon ne serait plus soutenable.

A ces remarques touchant le nom de Jordanus de Nemore, ajoutons une observation sur la date à laquelle il a pu composer ses ouvrages. Nous montrerons, en ce Chapitre et au suivant, que les Manuscrits du XIIIe siècle confondent sous le nom de *Liber Jordani de ponderibus*, trois ouvrages bien distincts ; le premier, qui nous paraît le texte original, est celui que nous analyserons en ce Chapitre ; le second est une nouvelle rédaction du même écrit. due à un philosophe péripatéticien qui en a profondément transformé certaines idées fondamentales ; le troisième, beaucoup plus développé, est l'œuvre d'un mécanicien auquel nous devons la notion de moment, la théorie du plan incliné, et plusieurs autres découvertes essentielles. Comment expliquer que des œuvres aussi différentes, parfois contradictoires entre elles, soient attribuées

(1) *Nemus*, nom latin de *Nemi*. Cf. De Vit, *Totius latinitatis onomasticon*, Prati, MDCCCLXXXVII, t. IV, p. 651.

à un même géomètre, à moins de les supposer assez anciennes déjà pour que les noms des véritables auteurs aient été oubliés ? Et comment faire cette supposition si la première en date ne remonte pas à un siècle ? Si donc Jordanus est l'auteur du plus ancien de ces traités, nous serions conduit à admettre qu'il l'a composé au plus tard au XIIe siècle.

2. *Quelques passages des* Μηχανικὰ προβλήματα *d'Aristote*

Bien que la Statique de Jordanus semble une œuvre vraiment originale, et non une simple compilation d'écrits plus anciens, elle n'en a pas moins tiré ses principes de la science grecque ; elle se rattache, d'une part, au traité *De ponderoso et levi* attribué à Euclide et aux quatre propositions qui, parfois, l'accompagnent ; d'autre part à certains passages des Μηχανικὰ προβλήματα. Il nous sera donc nécessaire d'examiner de près ces passages et de tirer tout à fait au clair les pensées que le Stagirite y a renfermées.

La composition des mouvements a longuement occupé Aristote (1). Avec beaucoup de précision, il énonce cette loi : « Si un mobile se meut à la fois de deux mouvements tels que les espaces parcourus en même temps soient dans un rapport invariable, le mobile se meut en ligne droite suivant la diagonale du parallélogramme qui a pour côtés deux lignes dont les longueurs sont dans ce rapport. — Ὅταν μὲν οὖν ἐν λόγῳ τινὶ φέρηται, ἐπ' εὐθείας ἀνάγκη φέρεσθαι τὸν φερόμενον, καὶ γίνεται διάμετρος αὐτὴ τοῦ σχήματος ὃ ποιοῦσιν αἱ ἐν τούτῳ τῷ λόγῳ συντεθεῖσαι γραμμαί. » De cette loi fondamentale, il donne la démonstration aujourd'hui classique.

Au contraire, si le rapport des deux espaces composants, parcourus en même temps par le mobile, varie d'un instant à l'autre, le mobile ne peut point décrire une ligne droite.

(1) Aristote, Μηχανικὰ προβλήματα, B.

« En sorte qu'une trajectoire courbe est engendrée lorsque le mobile est animé de deux mouvements dont le rapport ne demeure point fixe d'un instant à l'autre — ὥστε περιφερὲς γίνεται, δύο φερόμενον φορὰς ἐν μηθενὶ λόγῳ μηθένα χρόνον. »

Considérons, en particulier, un cercle dont le plan est placé verticalement et un mobile qui descend la demi-circonférence supérieure de ce cercle ; il est clair que ce mobile est porté simultanément par deux mouvements ; l'un de ces mouvements le fait descendre verticalement ; l'autre déplace la trajectoire verticale de manière à l'éloigner du centre : « Ὅτι μὲν τοίνυν ἡ τὸν κύκλον γράφουσα φέρεται δύο φορὰς ἅμα, φανερὸν ἔκ τε τούτων. καὶ ὅτι τὸ φερόμενον κατ' εὐθεῖαν ἐπὶ τὴν κάθετον ἀφικνεῖται, ὥστ' εἶναι πάλιν αὐτὴν ἀπὸ τοῦ κέντρου κάθετον. »

Ces propositions, si précises et si exactes, appartiennent à ce que nous nommerions aujourd'hui la Cinématique ; Aristote en tire des conséquences qui sont du domaine de la Dynamique et qui concernent la composition des forces. La transition n'est point énoncée, mais il est fort aisé d'y suppléer ; il suffit de se souvenir du principe fondamental de la Dynamique péripatéticienne : La puissance qui meut un poids déterminé est dirigée suivant la ligne que décrit ce poids et elle est proportionnelle à l'espace parcouru dans un temps donné.

Donc, un mobile qui décrit la moitié supérieure d'une circonférence de plan vertical est sollicité par deux forces, dont l'une le tire verticalement vers le bas, tandis que l'autre tend à l'écarter horizontalement du cercle ; de même, si ce mobile pesant décrit la moitié inférieure de cette circonférence — et c'est ce cas seulement qu'Aristote va considérer désormais — il sera sollicité à descendre verticalement, d'un mouvement naturel, par sa gravité et il sera tiré horizontalement, contre nature, vers l'intérieur du cercle.

D'ailleurs, si deux mobiles décrivent, dans des plans verticaux, des demi circonférences inégales, lorsqu'ils

seront descendus d'une même longueur à partir du diamètre horizontal, ils ne se seront pas déplacés horizontalement de la même longueur ; pour un même déplacement naturel, le mobile qui décrit la petite circonférence aura subi un plus fort déplacement contre nature que le mobile qui décrit la grande circonférence. Alors donc que la pesanteur sera la même pour ces deux mobiles, la force « qui tire de côté et vers l'intérieur » sera plus grande pour le premier que pour le second.

On comprend que, de ces deux mobiles également abaissés, celui qui se trouve sur la grande circonférence se meuve plus vite que l'autre ou, en d'autres termes, soit sollicité par une plus puissante force résultante ; car la pesanteur naturelle est, chez lui, combattue par une force contre nature de moindre intensité.

Si l'on prend, sur un rayon qui tourne autour du centre en s'abaissant, divers points inégalement distants du centre, ces divers points décriront en même temps des mouvements naturels inégaux et des mouvements contre nature inégaux ; mais, pour chacun d'eux, le rapport du mouvement naturel au mouvement contre nature restera le même. La contemplation de cette égalité a longuement retenu Aristote qui paraît y avoir vu une corrélation, quelque peu mystérieuse, avec la loi d'équilibre du levier ; il nous serait difficile d'exposer les considérations, fort confuses, auxquelles cette contemplation conduit le Stagirite. Même parmi les propositions que nous venons d'énoncer, il en est qui s'accorderaient malaisément avec les principes de la Dynamique actuelle ; mais, si inexactes soient-elles, elles n'en ont pas moins joué, dans le développement de la Mécanique, un rôle important ; elles ont, les premières, suggéré l'idée de la composition et de la décomposition des forces. Ce que nous avons dit suffira à montrer comment l'École péripatéticienne concevait cette composition des forces et à expliquer certaines conceptions de Jordanus.

Il est également une question, examinée par Aristote, qui a extrêmement préoccupé Jordanus et ses successeurs ; il nous est donc nécessaire d'en toucher quelques mots.

Aristote considère (1) une balance dont le fléau BC (fig. 18) soit une règle prismatique à section rectangu-

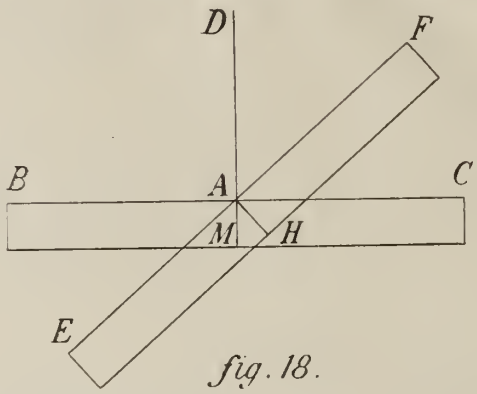


fig. 18.

laire ; ce qu'il en dit suffit à prouver qu'il lui attribue cette forme ; il suppose ce fléau suspendu à une corde DA qui s'attache au point A de son bord supérieur. Il se demande comment le fléau, écarté de la position horizontale et amené en EF, revient, lorsqu'on l'abandonne, à sa

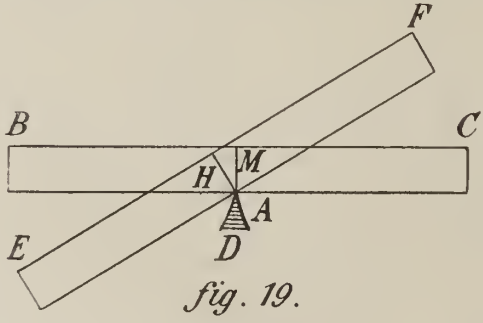


fig. 19.

position première ; en d'autres termes, il se demande pourquoi l'équilibre d'une telle balance est *stable*.

Sa réponse est la suivante : Si le fléau a été, comme

(1) Aristote, Μηχανικὰ προβλήματα, Γ.

dans la fig. 18, abaissé du côté gauche, la partie de la règle qui se trouve à droite de la verticale DAM est plus considérable et, partant, plus pesante que la partie laissée à gauche de la même verticale ; la première partie s'abaissera donc en relevant la seconde, ce qui ramènera le fléau à sa position primitive.

Il prend ensuite un fléau BC de même forme que le précédent, mais reposant sur un support D par un point A de son bord inférieur (fig. 19). Comparant cette disposition à la précédente, il déclare ceci : « Le contraire a lieu si le support est au-dessous ». Il aurait dû en conclure qu'un tel fléau, écarté de la position horizontale, ne cesserait de se mouvoir que lorsqu'il serait devenu vertical ; ou, en d'autres termes, que l'équilibre primitif était instable ; par une étrange inadvertance, il en conclut que ce fléau resterait, en équilibre indifférent, dans la position où on le placerait ; cette erreur, bien facile à dissiper, ne s'en maintint pas moins, chez plusieurs auteurs, jusqu'au milieu du XVIe siècle.

3. *Les* Elementa Jordani super demonstrationem ponderis

Ce titre paraît avoir été le titre primitif du traité de Statique composé par Jordanus ; la forme première de ce traité est demeurée longtemps méconnue ; en effet, au cours des âges, des variantes et des commentaires en ont été composés, d'autres ouvrages sont venus s'y souder plus ou moins naturellement ; ces rhapsodies se sont modifiées et développées ; elles ont ensuite été reproduites par l'imprimerie, donnant naissance à des livres dont la forme ressemblait bien peu à celle de l'œuvre dont ils gardaient le nom.

Un manuscrit (1) de la Bibliothèque Nationale nous

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, n° 10 252.

conserve, de l'œuvre primitive de Jordanus, un texte qui semble complet et à peu près pur de toute altération. Ce texte, d'une élégante et régulière écriture du XVe siècle, est daté, car il se termine par ces mots *8 kal. novembris 1464*. Il n'est point signé, mais quelques comparaisons aisées nous permettent de fixer le nom du copiste. Le même volume, en effet, renferme diverses autres pièces, écrites de la même main, dont deux sont non seulement datées, mais signées ; l'une, *Algorismus de integris per Joannem de Sacro Boscho*, se termine par les mots : *finis. Neapoli, per Arnaldum de Bruxella, 1476, die 11 februarii, ante ortum solis* ; l'autre, *Tractatus de ponderibus secundum Magistrum Blasium de Parma* dont, au Chapitre suivant, nous verrons toute l'importance, est clos par la formule : *1476, 5 Januarii, Neapoli, per A. de Bruxella.*

Sur cet Arnaud de Bruxelles, nous trouvons des renseignements plus détaillés dans une autre collection semblable (1). Des tables astronomiques, œuvres de *Blanchinus* ou de *de Blanchinis*, se terminent par cette formule :

« *Finis ; 8 kal. Aprilis 1468 incompleto. Expliciunt canones super tabulis clarissimi mathematici et artium doctoris Johannis de Blanchinis in armis militis strenuissimi factoris generalis Ill. Borsii, ducis Mutine et Regii, comitis Rodrigii, marchionis Estensis et Ferrarie, completi per Arnaldum de Tiishout, de oppido Bruxella, ducatus Brabancie. Anno 1468, incompleto 8 kal. Aprilis 2^a indictionis. In urbe Parthenopes.* »

Et Arnaud de Tijshout, comme un souvenir à sa patrie, ajoute ce renseignement astronomique : « *Bruxelle polus eleratus g. 40* ».

Arnaud de Tijshout, de la ville de Bruxelles et du duché de Brabant, veillait parfois — une de ces citations nous le confesse — presque jusqu'au lever du soleil pour achever

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, n° 10 267.

de reproduire un manuscrit précieux en caractères gothiques réguliers et bien alignés ; cependant, il ne bornait pas son industrie au métier de copiste ; à Naples, où il était établi, le Flamand, *il Fiamengo* — c'est ainsi qu'on le nommait — avait apporté l'esprit d'initiative du peuple auquel il appartenait ; il s'était fait imprimeur (1), et plus d'un ouvrage connu sortit de ses presses.

C'est donc à Arnaud de Bruxelles que nous devons la collection où se trouve, à la suite du traité *De speculis* de Jordanus, un texte à peu près irréprochable des *Elementa de ponderibus*.

Du même écrit, la Bibliothèque Nationale possède un autre texte (2) complet et à peine différent du précédent, auquel le copiste a attribué faussement le titre *Liber de ponderoso et levi* qui caractérise, en général, le fragment attribué à Euclide. En outre, il a soudé à la fin de l'écrit de Jordanus trois des quatre propositions que nous avons étudiées au § 1 du Chapitre précédent.

La Bibliothèque Mazarine possède un texte du XIIIe siècle (3) des *Elementa Jordani super demonstrationem ponderis ;* malheureusement, ce texte n'est pas complet ; nous avons dit, au § 1 du Chapitre précédent, de quelle manière étrange le commencement d'une proposition de Jordanus se continuait par la fin d'un théorème du *De canonio ;* nous avons dit aussi comment cette singulière soudure se trouvait scrupuleusement reproduite dans la collection manuscrite (4) qui a appartenu à Maître François Guillebon, Docteur en Sorbonne. Quelque tronqués que soient le texte de la Bibliothèque Mazarine et sa reproduction, ils nous permettent cependant de contrôler une partie du traité copié par Arnaud de Bruxelles ; ils

(1) De Saint-Genois, *Biographie Belge*, 1866.
(2) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, n° 11 247.
(3) *Bibliothèque Mazarine*, n° 3642 (ancien 1258).
(4) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, n° 16 649.

nous montrent que du XIIIe siècle à la fin du XVe siècle, cette partie n'avait éprouvé aucune altération notable.

La clarté et la concision des énoncés et des démonstrations de Jordanus donnent à son traité une forme très élégante, que les commentateurs ont ultérieurement altérée. Le traité, d'ailleurs, est très bref ; il s'ouvre par sept axiomes ou définitions, et se développe en neuf propositions.

Il ne paraît pas, toutefois, que nous en possédions le texte intégral ; en démontrant la troisième proposition, Jordanus écrit ces mots : « Sicut constituimus Præexercitaminibus ». Ces *Præexercitamina* constituaient, sans doute, une sorte de préambule où étaient démontrés certains lemmes de géométrie. En deux autres passages, au cours des démonstrations de la deuxième et de la cinquième proposition, Jordanus indique un autre renvoi : « Sicut declaratum est in Filotegni — sicut declaravimus in Filotegni » ; ces deux renvois visent encore des propositions de géométrie. Jordanus aurait donc, outre ses nombreux ouvrages déjà connus, composé sur la géométrie un traité aujourd'hui perdu ; à ce traité il aurait donné, chose singulière à l'époque où il vivait (1), le titre grec *Filotegnis*, φιλοτέχνης, l'ami de l'art.

Rien cependant ne permet de supposer que les *Elementa super demonstrationem ponderis* soient, comme le *De canonio* par exemple, une simple traduction d'une œuvre grecque ; aucun terme grec ne s'y rencontre, hors celui que nous venons de citer ; lorsqu'on suit l'ordre des lettres qui marquent les divers points des figures ou les diverses grandeurs dont l'auteur raisonne, on ne reconnaît plus la suite alphabétique grecque ; dans la première démonstration, nous voyons les lettres s'introduire selon l'ordre de l'alphabet latin : *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* ; ailleurs, nous

(1) Il convient de noter que l'un des renvois au *Filotegni* figure dans le fragment du XIIIe siècle conservé à la Bibliothèque Mazarine. La copie de ce texte qui a appartenu à François Guillebon écrit : *Philotegne.*

voyons deux lignes analogues marquées *dy* et *ez*, ou bien encore *dh* et *eg* ; tout semble indiquer que nous sommes en présence d'une œuvre originale, issue du génie occidental.

Ce n'est pas que l'auteur de cette œuvre n'ait connu certains des écrits, grecs d'origine, que nous avons précédemment analysés.

Il saute aux yeux, dès qu'on ouvre ses *Elementa*, qu'il connaît le *De ponderoso et levi* attribué à Euclide ; ses deux premiers axiomes, sa première proposition, forment comme un résumé de ce fragment.

D'autre part, la neuvième et dernière proposition des *Elementa* a pour objet de prouver qu'une masse cylindrique, allongée selon l'un des bras du fléau d'une balance, pèse exactement comme si on la condensait en son centre. Pour y parvenir, Jordanus se contente de remarquer que deux poids égaux, pendus en deux points différents du fléau, pèsent comme un poids unique, égal à leur somme et pendu à égale distance de chacun d'eux. Il est impossible de lire cette dernière proposition sans songer que l'auteur avait sous les yeux les quatre propositions qui composent le *Liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam*, ou au moins les deux propositions B et C.

Le principal intérêt de la proposition qui termine les *Elementa* de Jordanus est de permettre le calcul du poids compensateur dont doit être chargé le petit bras d'une romaine. Or, de cette application, son livre ne dit mot, ce qui lui donne un aspect inachevé. Dès le XIIIe siècle — l'étrange soudure présentée par le texte de la Bibliothèque Mazarine en fait foi — on avait l'habitude de placer le *De canonio* à la suite du traité de Jordanus. Cette association, dont nous reparlerons au § 1 du Chapitre suivant, était fort naturelle, les *Elementa super demonstrationem ponderis* se terminant précisément par le théorème que le *De canonio* postule en ces termes : « Monstratum est in libris qui de his loquuntur. » Elle paraît même si naturelle

qu'il est permis de se demander si elle n'a pas été voulue par Jordanus et si, en composant ses *Elementa*, il ne s'est pas proposé d'écrire une sorte d'introduction au *De canonio*, dont il était peut-être le traducteur (1).

Ce qui fait l'intérêt principal de cette introduction, ce qui la distingue de tous les écrits précédemment étudiés, sauf des Μηχανικὰ προβλήματα, ce qui la rapproche jusqu'à un certain point de ce dernier ouvrage, c'est que la décomposition du poids suivant diverses directions y joue un rôle essentiel.

Jordanus considère un mobile assujetti à descendre suivant un chemin non vertical et il introduit dans ses raisonnements, comme représentant la seule force efficace, la composante du poids selon la direction de la trajectoire; cette composante, il la nomme la *pesanteur relative à la situation* du mobile, *gravitas secundum situm*. La relation quantitative qui unit cette gravité relative au poids proprement dit, Jordanus ne la connaît point ; il énonce seulement une règle qualitative : Plus la trajectoire est oblique, plus est faible la *gravitas secundum situm*. D'ailleurs, pour comparer l'obliquité de diverses trajectoires, il faut prendre sur ces trajectoires des chemins de même longueur et évaluer la descente verticale à laquelle ils correspondent ; celui qui correspond à la plus petite descente verticale est le plus oblique.

Tels sont les principes qu'au commencement de son écrit, Jordanus formule en ces termes :

« Omnis ponderosi motum esse ad medium, virtutemque ipsius potentiam ad inferiora tendendi et motui contrario resistendi.....

» Gravius esse in descendendo quando ejusdem motus ad medium rectior.

(1) Nous avons fait remarquer que le traducteur du *De canonio* remplaçait, dans les figures, l'η par un *i* ; de même, Jordanus écrit *filotegni* pour φιλοτέχνη.

» Secundum situm gravius, quando in eodem situ minus obliquus est descensus.

» Obliquiorem autem descensum in eadem quantitate minus capere de directo. »

Ces principes eussent été d'une application facile aux trajectoires rectilignes ; il semble que le problème du plan incliné eût dû, tout d'abord, solliciter les efforts de Jordanus ; son attention, cependant, ne paraît point s'être portée vers ce problème, mais seulement vers les problèmes de mouvement curviligne que soulevait l'étude du

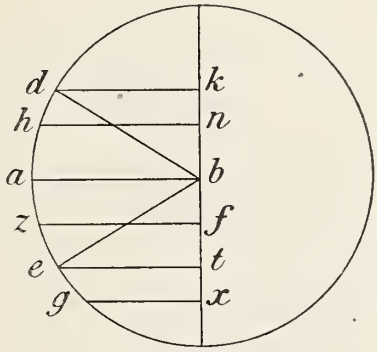


fig. 20.

levier et de la balance. Or, ces derniers problèmes se prêtaient moins aisément à la considération de la *gravité relative à la situation du mobile* ; pour évaluer l'obliquité de la trajectoire, il aurait fallu comparer la longueur d'un chemin infiniment petit parcouru sur cette trajectoire avec la chute infiniment petite qui correspond à ce chemin; de telles considérations infinitésimales ne pouvaient être poursuivies au XIIe ou au XIIIe siècle.

Il semble, cependant, qu'elles se soient offertes un instant à l'esprit de Jordanus, au cours de la démonstration d'une importante proposition, d'une de celles qui ont le plus influé sur le développement ultérieur de la Statique.

Jordanus considère un point pesant fixé à l'extrémité

d'un bras de levier mobile autour du point *b* (fig. 20). Ce bras de levier est d'abord horizontal et le poids se trouve en *a* ; puis on l'incline de manière à amener le poids soit en *d*, au-dessus du point *a*, soit en *e*, au-dessous du même point ; dans un cas comme dans l'autre, la gravité *secundum situm* diminue.

En effet, dit Jordanus, prenons au-dessous des points *a*, *d*, *e*, des arcs *az*, *dh*, *eg*, *aussi petits que nous voudrons*, « quantulumcunque parvi », égaux entre eux, et marquons en *bf*, *kn*, *tx* ce que des descentes, effectuées selon ces

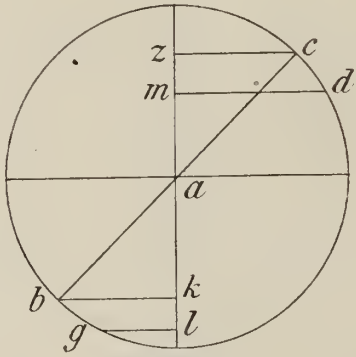


fig. 21.

arcs, *prennent du direct* ; comme *kn* et *tx* sont sûrement plus petits que *bf*, les descentes *dh* et *eg* sont plus obliques que la descente *az* ; ainsi la gravité *secundum situm* est plus faible en *d* ou en *e* qu'en *a*.

Si la méthode infinitésimale pouvait apparaître un instant à un géomètre du moyen âge, ce ne pouvait être que comme une lueur qui brille un clin d'œil et s'éteint aussitôt. En général, Jordanus considère des arcs finis et les compare à leur projection sur la verticale, comme l'avait fait Aristote dans les Μηχανικὰ προβλήματα ; de là, parfois, des raisonnements inexacts. En voici un qui, au XVIe siècle, donnera lieu à bien des débats :

Un levier *bac* (fig. 21), aux extrémités *b* et *c* de ses

bras égaux, porte des poids égaux ; ce levier n'est point horizontal ; le bras *ac* est levé et le bras *ab* est abaissé. Jordanus se propose de prouver que le poids *c* est plus grave *secundum situm* que le poids *b*, en sorte que le premier fera remonter le second et ramènera le levier à la position horizontale, qui sera ainsi position d'*équilibre stable*.

Pour construire cette preuve, il prend, au-dessous des points *b* et *c*, des arcs égaux *bg* et *cd*, qu'il projette en *kl* et *zm* sur la verticale ; *kl* est plus petit que *zm*, l'arc *bg*

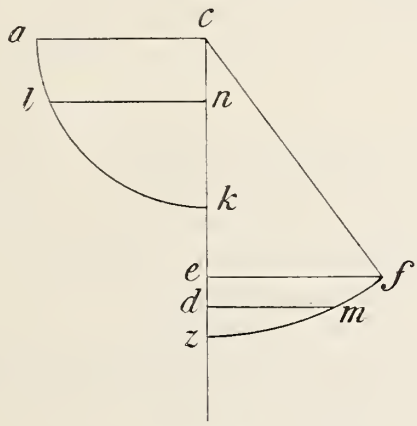


fig. 22.

prend moins du direct que l'arc *cd*, ce qui établit la proposition énoncée.

Aristote avait fort bien vu que la stabilité d'une règle tenait à ce fait que le point de suspension se trouvait au-dessus du centre de figure de la règle ; pour Jordanus et pour ses commentateurs, cette idée juste se trouve obscurcie.

D'autres paralogismes se trouvent dans l'œuvre de Jordanus, erreurs dont, pour la plupart, l'admission devait, en son temps, sembler fort naturelle. Il pouvait sembler naturel, par exemple, de croire qu'en un mécanisme, un

poids en soulèvera un autre si la gravité *secundum situm* du premier surpasse la gravité *secundum situm* du second. De ce principe vraisemblable assurément, mais inexact, Jordanus va tirer une proposition formellement erronée ; cette proposition nous montrera clairement à quel point son auteur était loin de concevoir la notion de moment.

Jordanus considère un levier coudé (fig. 22), dont le petit bras *ca* est horizontal tandis que le grand bras *cf* est oblique ; il suppose que la distance *fe* du point *f* à la verticale est précisément égale au bras horizontal *ca*. Nous savons aujourd'hui que des poids égaux placés en *a* et *f* se feront équilibre. Notre auteur se propose au contraire de prouver que le poids placé en *a* l'emporte sur le poids placé en *f*.

Dans ce but, il remarque que toute descente du poids *a* a lieu suivant le quadrant *ak*, de centre *c* et de rayon *ca*, tandis que toute descente du poids *f* a lieu suivant l'arc *fz*, de centre *c* et de rayon *cf ;* sur ces deux trajectoires, prenons respectivement, au-dessous des poids *a*, *f*, des arcs égaux, *al*, *fm ;* la longueur *cn* que le premier *prend du direct* est supérieure à la longueur *ed prise du direct* par le second ; le poids *a* est donc plus grave *secundum situm* que le poids *f ;* et Jordanus se croit en droit d'en conclure la proposition énoncée.

Parmi les démonstrations de Jordanus, il en est une qui mérite une attention toute particulière ; elle ne fait point appel à la notion de la gravité *secundum situm ;* le principe dont elle se réclame n'est point explicitement énoncé ; mais, d'autre part, ce principe transparaît si clairement qu'il est impossible de le méconnaître et de ne le point formuler ainsi : *Ce qui peut élever un certain poids à une certaine hauteur peut aussi élever un poids* k *fois plus grand à une hauteur* k *fois plus petite.* Ce principe est donc celui que Descartes prendra pour fondement de toute la Statique et qui, grâce à Jean Bernoulli, deviendra le principe des déplacements virtuels. Il y a

plus ; nous verrons que le courant d'idées qui a apporté ce principe à Descartes et qui a pris sa source aux *Elementa* de Jordanus n'a subi, dans son progrès, aucune discontinuité. C'est bien aux commentateurs de Jordanus que Descartes a emprunté ce postulat.

C'est pour justifier la loi de l'équilibre du levier que Jordanus de Nemore fait implicitement appel à ce principe.

« Soient, dit Jordanus, *acb* le fléau (fig. 23), *a* et *b* les poids qu'il porte et supposons que le rapport de *b* à *a* soit celui de *ca* à *cb*. Je dis que la règle ne changera pas de

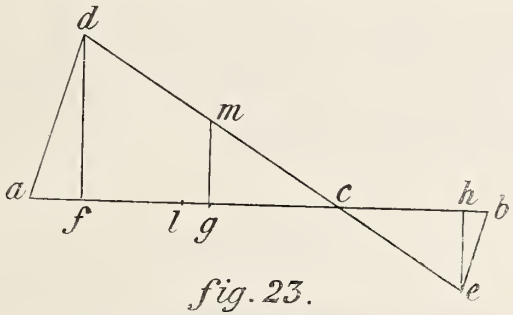


fig. 23.

place. Mettons, en effet, qu'elle descende du côté *b* et prenne la position oblique *dce* ; *b* descendra de la hauteur verticale *he* et *a* montera de la hauteur verticale *fd*. » Si l'on plaçait en *l*, à une distance du point *c* égale à *cb*, un poids égal au poids *b*, il monterait en même temps d'une hauteur verticale *gm*, égale à *he*. « Visiblement, les triangles *ceb*, *cda* sont semblables ; le rapport de *df* à *eh* est donc celui de *ac* à *cb*, partant celui du poids *b* au poids *a* ; donc *df* est à *gm* comme le poids *b* est au poids *a*, ou comme le poids *l* est au poids *a*. Dès lors, ce qui suffit à amener le poids *a* en *d* suffirait à amener le poids *l* en *m*. Mais nous avons montré que les poids *b* et *l* se contre-balancent exactement. » Le mouvement supposé n'aura donc pas lieu, et il en serait de même du mouvement en sens inverse.

Cette démonstration de la loi d'équilibre du levier était en très grand progrès sur celle qu'avait donnée Aristote, qu'avait suivie plus tard Thâbit ibn Kurrah. Celle-ci prenait pour fondement l'axiome de la Dynamique péripatéticienne, la proportionnalité de la force à la vitesse. La révolution accomplie en Dynamique par le XVIe siècle devait un jour la rendre caduque. Celle-là, au contraire, rattachait l'équilibre du levier à l'égalité entre le *travail virtuel* moteur et le *travail virtuel* résistant. Elle était le premier germe d'un principe dont le plein développement serait atteint seulement à la fin du XVIIIe siècle, en la *Mécanique Analytique* de Lagrange. L'étude de l'évolution par laquelle ce germe, infime en apparence, est parvenu à la forme achevée sous laquelle nous le contemplons aujourd'hui, sera un des principaux objets de ces études sur les *Origines de la Statique*.

CHAPITRE VII

LA STATIQUE DU MOYEN AGE *(Suite)*
L'ÉCOLE DE JORDANUS

1. *La formation du* LIBER EUCLIDIS DE PONDERIBUS

Les idées exposées dans les *Elementa Jordani de ponderibus* ont suscité, au moyen âge, un mouvement intellectuel très intense ; philosophes, géomètres, mécaniciens, se sont, à l'envi, emparés de ces idées pour les discuter, les commenter, les développer ; dès le XIIIe siècle, les *Elementa de ponderibus* ont déjà donné naissance à des traités fort différents de celui qui en est la source.

Ce mouvement intellectuel produit des œuvres qui n'ont point, en général, la simplicité et la rigueur des écrits alexandrins parvenus à la connaissance des géomètres du moyen âge ; mais, tandis que ces derniers écrits

s'attachaient presque exclusivement au seul problème de la balance romaine, les traités du moyen âge posent des questions infiniment plus variées ; bien souvent, ils parviennent à les résoudre par de profondes intuitions qui découvrent à leurs auteurs quelques-uns des principes essentiels de la Statique.

Parmi les courants divers qui découlent des idées de Jordanus, nous étudierons tout d'abord celui qui a conduit les géomètres à relier les *Elementa Jordani* au *De canonio* et à composer ainsi le traité souvent nommé *Liber Euclidis de ponderibus*.

La soudure entre les *Elementa* de Jordanus et un autre écrit était d'autant plus naturelle que le traité de Jordanus ne semblait pas avoir sa fin en soi, qu'il apparaissait comme une espèce d'introduction à un autre traité, qu'il se terminait par une sorte de lemme appelant, à sa suite, d'autres théorèmes. Les commentateurs cherchaient donc, parmi les autres écrits concernant la Statique, l'achèvement que réclamaient les *Elementa de ponderibus*.

Parfois, le fragment qu'on leur accolait de la sorte était formé des propositions contenues dans le *Liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam* ; c'est cette association qu'un manuscrit du XVe siècle, conservé à la Bibliothèque Nationale (1), nous présente sous le titre : *Incipit liber de ponderoso et levi*. Cette association était d'ailleurs assez étrange ; telle proposition du fragment accolé au traité de Jordanus, la proposition C, faisait double emploi avec la dernière proposition du traité ; la loi du levier se trouvait établie deux fois, et par des méthodes discordantes ; le rapprochement de ces deux textes offrait trop de disparates pour qu'il fût conforme aux intentions de Jordanus.

Ce rapprochement, d'ailleurs, ne semble pas s'être produit fréquemment ; un seul manuscrit nous l'a présenté.

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, n° 11 247.

En général, on donnait aux *Elementa Jordani de ponderibus* la fin qui semblait leur manquer en les faisant suivre du traité *De canonio*. L'usage de réunir ainsi ces deux traités devait être établi dès le XIIIe siècle ; on ne saurait s'expliquer autrement l'étrange méprise qui, dans le *Codex Mazarineus*, soude la fin du *De canonio* au commencement des *Elementa*. Dans le Ms. 7378 A (latin) de la Bibliothèque Nationale, le *De canonio* fait suite non pas au traité primitif de Jordanus, mais à deux autres traités, dérivés de celui-là ; néanmoins, ayant à invoquer la loi d'équilibre du levier, il ajoute : « ut patuit in penultima superiorum demonstrationum ». Cette indication n'a aucun sens dans les conditions où se trouve placé le traité *De canonio* que contient notre manuscrit ; elle devient, au contraire, parfaitement exacte si l'on suppose ce traité placé à la suite de celui de Jordanus ; elle a dû être mise par l'auteur qui a réuni ces deux traités à la place de l'indication : « sicut demonstratum est ab Euclide, et Archimede, et aliis » que contiennent d'autres textes du *De canonio* (1). Il y a plus ; ces deux traités se suivent si naturellement l'un l'autre, le livre de Jordanus se termine si exactement par la proposition que l'auteur du *De canonio* invoque pour démontrer son premier théorème, que cette association nous semble voulue par Jordanus lui-même. Ce géomètre paraît, nous l'avons dit, avoir eu l'intention d'écrire une introduction au *De canonio*.

La suite naturelle qui s'établit entre les *Elementa Jordani* et le *De canonio* ne saurait cependant dissimuler la diversité de leur origine, ni les faire prendre pour deux parties d'un même ouvrage ; le texte grec transparaît clairement sous le latin du *De canonio*, tandis que rien, dans les *Elementa*, ne décèle une origine hellérique ; d'ailleurs

(1) *Bibliothèque Nationale*, Ms. 8680 A (fonds latin). Le texte du Ms. 7378 A, comparé à celui du Ms. 8680 A, montre que les démonstrations ont subi plusieurs remaniements importants. Le fragment conservé au *Codex Mazarineus* appartient au texte non remanié que nous présente le Ms. 8680 A.

lorsque l'auteur du *De canonio* invoque cette proposition : « Un cylindre pesant, allongé suivant le fléau d'une balance, équivaut à un poids égal suspendu au centre de ce cylindre », il ne renvoie pas son lecteur à la dernière proposition de Jordanus, mais « aux livres qui traitent de ces choses ».

Cette association des *Elementa Jordani super demonstrationem ponderis* et du *De canonio* ne tarda pas à devenir tout à fait classique ; au XVe siècle, peut-être même au XIVe, un géomètre dont nous ignorons le nom remania cette rhapsodie ; il développa avec verbosité les démonstrations, si nettes et si concises, de Jordanus ; il donna tout au long les raisonnements au sujet desquels Jordanus s'était borné à renvoyer aux *Præexercitamina* ou au *Philotechnes* ; il les appuya de lemmes empruntés aux *Éléments* d'Euclide ou à l'*Almageste* de Ptolémée, écrits que Jordanus n'avait pas invoqués ; en revanche, il reproduisit les propositions du *De canonio* sous la forme qu'elles avaient déjà reçue au XIIIe siècle (1), sans rien faire pour atténuer la disparate entre les deux parties de l'œuvre, sans même remplacer par un renvoi à sa IXe proposition le « monstratum est in libris, qui de his loquuntur ».

Cette association remaniée des *Elementa Jordani* et du *De canonio* se trouve en deux manuscrits (2) conservés à la Bibliothèque Nationale ; elle y porte le titre *Liber Euclidis de ponderibus*, qui semble lui avoir été fréquemment attribué.

L'étroite analogie qui existe entre le *Liber de levi et ponderoso* attribué à Euclide et la première proposition du *De ponderibus* de Jordanus pouvait, en effet, conduire assez naturellement à mettre le dernier traité sous le nom du grand géomètre grec. Un manuscrit du XIVe siècle (3) nous présente les *Éléments de la Géométrie*, que suit une

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, Ms. n° 7378 A.
(2) *Ibid.*, fonds latin, Mss. n° 7310 et n° 10 260.
(3) *Ibid.*, Ms. n° 7215 (fonds latin).

longue série de propositions, énoncées sans démonstration. Nous y trouvons successivement les divers théorèmes qui composent le traité *De speculis* attribué à Euclide, les propositions des *Elementa Jordani de ponderibus*, du *De canonio*, du *Liber de levi et ponderoso*, enfin d'un traité de perspective attribué également à l'auteur des *Éléments*. Ainsi, dès le XIVe siècle, la gloire de celui-ci était parfois accrue au détriment de la renommée de Jordanus.

Parfois, cependant, le nom de Jordanus reparaissait à côté de celui d'Euclide dans le titre des traités où les *Elementa de ponderibus* se soudaient au *De canonio*. Dans le Manuscrit F. 33 de la Bibliothèque de Bâle, Maximilien Curtze (1) a trouvé un écrit intitulé : *Jordanus de Nemore et Euclides de ponderibus* ; la trop courte description qu'il donne de cet écrit nous permet cependant d'y deviner une telle association. Dans le *Codex amplonianus*, conservé à Erfurt, Valentin Rose (2) a trouvé, à côté d'un *Liber Jordani de ponderibus*, un écrit intitulé : *Liber ponderum Jordani, secundum quosdam vero Euclidis*, et terminé par ces mots : *Explicit liber Euclidis de ponderibus secundum quosdam*. Maximilien Curtze (3), qui a vu cet écrit, nous donne à son sujet des renseignements bien sommaires mais qui paraissent désigner la compilation remaniée dont nous venons de parler. Le même auteur nous donne (4) une analyse beaucoup plus complète d'un

(1) Maximilian Curtze, *Das angebliche Werk des Euklides über die Waage* (ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XIXer Jahrgang, p. 265; 1874).

(2) Valentin Rose. *Anecdota graeca et graeco-latina*, IIter Heft, 1870, — VII, *Zwei Bruchstücke griechischer Mechanik Philon und Heron.*

(3) Maximilian Curtze, *Zwei Beiträge zur Geschichte der Physik* (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e Folge, Bd. 1, p. 51; 1900).

(4) Maximilian Curtze, *Ueber die Handschrift*, R 4° 2. Problematum Euclidis explicatio *des Königl. Gymnasiums zu Thorn* (ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XIIIter Jahrgang, Supplément, p. 45, 1868). On peut en dire autant d'une pièce intitulée : *Liber de ponderibus vel de statera Jordani*, signalée par M. Curtze dans le Ms. Db. 86, du commencement du XIVe siècle, conservé à la Bibliothèque de Dresde (Maximilian Curtze, *Ueber eine Handschrift der K. Bibliothek zu Dresden* ; ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XXVIIIter Jahrgang, Supplément, p. 1 ; 1883).

traité, attribué à Jordanus, que contient un manuscrit conservé à Thorn ; et, là encore, c'est la même compilation que nous retrouvons avec certitude.

Cette compilation garda le nom de Jordanus lorsque l'imprimerie s'en empara. Elle forma, en effet, un des éléments essentiels du livre publié à Nüremberg, en 1533, par Peter Apian, professeur à l'Université d'Ingolstadt. Mais un autre élément vint se combiner au précédent pour composer le traité publié par Peter Apian ; c'est ce second élément que nous allons maintenant étudier.

2. *La transformation péripatéticienne des* ELEMENTA JORDANI

Sous le n° 7378 A (fonds latin), la Bibliothèque Nationale conserve un recueil de pièces disparates touchant les Mathématiques, l'Astronomie, la Mécanique. Parmi ces pièces, se trouve un écrit du XIIIe siècle (1), sur parchemin, qui contient un long et important document relatif à la Statique. Ce document, qui commence par les mots : *Incipit liber Jordani de ponderibus*, se compose, en réalité, de la succession de trois textes distincts.

Le troisième de ces textes comprend une série de problèmes sur l'équilibre du *canonium* ; nous en avons

(1) C'est la date que lui attribue Thurot (*a*) et que confirme l'aspect de l'écriture gothique. Le catalogue de la Bibliothèque Nationale attribue le Ms. 7378 A au XIVe siècle ; en effet, à la suite des textes qui nous intéressent, s'en trouvent d'autres, d'une autre main, copiés sûrement au XIVe siècle. Ainsi, au f. 52, on lit : *Expliciunt canones tabularum astronomie sive tractatus de sinibus et cordis per Magistrum Johannem de Linieriis, ordinati et completi Parisiis anno ab Incarnatione Domini 1322°.* De même, au f. 65 : *Explicit pronosticatio Magistri Leonis Judei facta in Anno Domini 1341°. Incipit pronosticatio Magistri Johannis de Muris super eodem.* Or Chevalier (*b*) nous donne ces renseignements sur Jean de Murs : Musicien et Mathématicien, Docteur en Sorbonne, 1321-1345.

(*a*) Thurot, *Recherches historiques sur le Principe d'Archimède* (REVUE ARCHÉOLOGIQUE, nouvelle série, t. XIX, p. 117, 1869).

(*b*) U. Chevalier, *Bibliographie du moyen âge*, col. 1215.

longuement parlé à la fin du Chapitre V ; le second sera l'objet du prochain paragraphe ; le premier, enfin, est celui qui va nous occuper.

Un préambule assez long, où l'auteur donne un aperçu général des problèmes traités et de la méthode qui sert à les résoudre, précède la liste des axiomes pris par Jordanus comme principes de ses déductions. Treize propositions suivent ces axiomes ; l'ordre de ces propositions, la forme de ces énoncés sont exactement les mêmes qu'au *Liber Euclidis de ponderibus*, mais les démonstrations et les explications qui accompagnent ces énoncés sont, comme nous le verrons tout à l'heure, entièrement différentes ; l'étude que nous en ferons justifiera le nom de *Commentaire péripatéticien* des *Elementa Jordani* sous lequel nous désignerons ce traité.

Le *Liber Euclidis de ponderibus* d'une part, le *Commentaire péripatéticien* contenu en notre manuscrit du XIIIe siècle d'autre part, ont été réunis en un seul ouvrage qui fut imprimé au XVIe siècle. Il parut en 1533, à Nüremberg, chez Joannes Petreius, sous ce titre (1) : *Liber Jordani Nemorarii, viri clarissimi, de ponderibus, propositiones* XIII *et earumdem demonstrationes, multarumque rerum rationes sane pulcherrimas complectens, nunc in lucem editus, cum gratia et privilegio imperiali, Petro Apiano, mathematico Ingolstadiano, ad* XXX *annos concesso.* MDXXXIII.

Voici comment le célèbre cartographe Peter Apian, professeur à l'Université d'Ingolstadt, s'y est pris pour composer ce petit livre :

Après une épître dédicatoire adressée à Léonhard van Eck, Vuolffeck et Randeck, il a reproduit le préambule par lequel débute le *Commentaire péripatéticien*. Viennent

(1) Je dois à M. Goedseels, administrateur-inspecteur de l'Observatoire royal de Belgique, d'avoir pu consulter un exemplaire de cet ouvrage, conservé à la Bibliothèque de l'Observatoire ; j'adresse à M. Goedseels mes vifs remerciments pour sa très grande obligeance.

ensuite les postulats de Jordanus, puis treize propositions (neuf dues à Jordanus et quatre fournies par le *De canonio*). Ces propositions gardent l'ordre et la forme qu'elles avaient dans les traités qui les ont fournies, qu'elles avaient conservés dans le *Liber Euclidis* et dans le *Commentaire peripatéticien*.

Chaque proposition est suivie de deux démonstrations.

La première est la reproduction pure et simple des considérations données par le *Commentaire péripatéticien*.

La seconde, annoncée en général par ces mots : *Sequitur aliud commentum*, a pour squelette la démonstration donnée par le *Liber Euclidis*, démonstration qui est, elle-même, une amplification de la déduction primitive de Jordanus ; Peter Apian rend ces raisonnements encore plus diffus et verbeux qu'ils ne l'étaient au *Liber Euclidis* ; il les surcharge de digressions géométriques ; c'est, notamment, au cours d'une de ces digressions qu'il cite par deux fois Campanus, citation qui fut attribuée à Jordanus lui-même et contribua à égarer les chronologistes à son sujet. Il y a loin de ces considérations longues et embrouillées aux raisonnements des *Elementa Jordani*, raisonnements dont la clarté et la sobriété révélaient, malgré de graves erreurs de principes, l'œuvre d'un véritable géomètre.

Revenons au *Commentaire péripatéticien* du XIIIe siècle qui a fourni à Peter Apian l'un des éléments constitutifs de son édition.

Ce commentaire commence par ces mots : « La science des poids est subordonnée tant à la géométrie qu'à la philosophie naturelle ; il est donc nécessaire qu'en cette science, certaines propositions reçoivent une preuve géométrique, d'autres une preuve philosophique ».

De suite, l'auteur se montre donc à nous comme un esprit beaucoup plus soucieux de regarder les lois de l'équilibre et du mouvement sous leur aspect philosophique que ne l'avaient été Jordanus et l'auteur du *Liber Euclidis*.

La lecture du *Commentaire* ne fait que rendre plus profonde cette première impression. A plusieurs reprises, au cours des discussions qu'il expose, l'auteur invoque les principes de la Physique d'Aristote. Ainsi, comme Jordanus, pour se rendre compte de la gravité *secundum situm* d'un point pesant placé sur un cercle, il suppose que le point descende le long d'un petit arc. Mais la conclusion à laquelle on parvient ainsi, valable lorsque le point est en mouvement, est-elle applicable à un point immobile ? L'auteur se formule à lui-même cette objection qui, si souvent et si longtemps, sera opposée à la méthode des déplacements virtuels. Pour y répondre, d'une manière bien obscure et bien peu concluante d'ailleurs, il regarde le repos comme le *terme* du mouvement ; en cet état, la *nature* est entièrement en *acte*, tandis que, pendant la durée du mouvement, elle est partiellement en *puissance ;* ce sont les principes mêmes que développent, au sujet du mouvement naturel, les *Physicæ auscultationes*.

Mais si notre auteur est plus instruit ou plus soucieux de la Physique péripatéticienne que ne l'était Jordanus, il est certainement beaucoup moins bon géomètre et logicien beaucoup moins sûr. Aux raisonnements nets et précis du texte primitif des *Elementa Jordani*, il a presque toujours substitué de vagues considérations où nul ne saurait trouver trace d'un raisonnement concluant.

L'influence exercée sur Jordanus par les Μηχανικὰ προβλήματα ne nous paraît point niable ; Jordanus, cependant, a su repenser les idées qu'il tenait de cet écrit et leur imposer sa forme personnelle ; l'originalité de sa doctrine ferait même supposer qu'il n'a point eu connaissance directe et immédiate du traité d'Aristote. C'est d'une manière beaucoup plus servile que notre commentateur a suivi les *Questions mécaniques ;* pis que cela ! il leur a redemandé une conception erronée de la gravité *secundum situm* que Jordanus avait eu grand soin de délaisser.

Les *Questions mécaniques*, en effet, n'ont point la belle

ordonnance logique que l'on remarque en la plupart des écrits d'Aristote ; des opinions différentes les unes des autres, contradictoires les unes avec les autres, s'y enchevêtrent parfois de telle sorte qu'il soit malaisé de les démêler ; ce manque d'ordre est assurément l'un des meilleurs arguments que puissent invoquer les critiques qui veulent attribuer cet écrit non pas au Stagirite, mais à quelqu'un de ses disciples.

Quelle est, selon Aristote, la cause qui fait varier la gravité d'un point pesant descendant le long d'un cercle ? Si l'on s'en tient aux passages que nous avons cités au Chapitre précédent, on voit que le Philosophe regarde cette gravité comme la résultante de deux forces : la gravité naturelle et une résistance contre nature, dirigée suivant l'horizontale; ces deux forces sont entre elles comme les deux composantes du chemin parcouru par le poids sur sa trajectoire curviligne; ce qui doit donc être considéré, si l'on veut comprendre les effets de la gravité en un mouvement circulaire, c'est la longueur du chemin vertical qui correspond à un parcours donné sur le cercle, c'est l'*obliquité* de la trajectoire. C'est ainsi, en effet, que Jordanus a interprété la pensée d'Aristote, lorsqu'il l'a prise pour fondement de sa Statique.

Aux Μηχανικὰ προβλήματα, les passages qui comportent l'interprétation adoptée par Jordanus se trouvent entremêlés d'autres passages selon lesquels la gravité d'un point mobile sur une certaine trajectoire dépendrait non pas de l'*obliquité* de cette trajectoire, mais de sa *courbure*. Tel est, en particulier, le passage suivant :

« De deux mobiles mus par la même force dont l'un décrit une trajectoire qui s'incurve plus et l'autre moins, il est logique que celui qui parcourt la trajectoire la moins courbée se meuve plus vite que celui qui parcourt la trajectoire la plus courbée ; c'est ce qui semble arriver pour les mobiles qui se meuvent sur le plus grand et le plus petit de deux cercles décrits du même centre. Car le point

décrivant le plus petit est plus près du point fixe que le point décrivant le plus grand ; aussi, comme s'il était tiré en sens contraire, c'est-à-dire vers le centre, le point décrivant le plus grand est porté plus vite que le point décrivant le plus petit. D'ailleurs, la même chose arrive à tout point décrivant un cercle ; il est porté selon la nature suivant la circonférence, et, contre la nature, de côté et vers le centre. Mais celui qui décrit le plus petit est porté d'un plus grand mouvement contre la nature. Car, par le fait qu'il est plus voisin du centre qui le retient, il en éprouve une plus grande force. »

C'est cet obscur passage qui paraît avoir surtout frappé l'attention de notre commentateur ; cherchant à introduire des considérations relatives à la courbure là où, fort sagement, Jordanus n'avait introduit que des évaluations d'obliquités, il change en confusion la clarté et la précision de son prédécesseur.

La valeur scientifique de notre *Commentaire péripatéticien* est donc nulle ; son influence ne s'en exercera pas moins très longtemps, et même sur de très grands géomètres ; Tartaglia, Guido Ubaldo, Mersenne n'y échapperont point entièrement.

3. *Le Précurseur de Léonard de Vinci. Découverte de la notion de moment. Solution du problème du plan incliné*

L'œuvre dont nous allons maintenant nous occuper est, au contraire, une des plus importantes qu'ait à mentionner l'histoire de la Mécanique.

Elle se trouve dans le manuscrit (1) même qui contient le *Commentaire péripatéticien* et elle fait suite à ce commentaire ; elle ne saurait donc être postérieure au XIIIe siècle, époque où fut copié (2) ce manuscrit ; elle se

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, N° 7378 A.
(2) C'est la date assignée à ce Ms. par Thurot [*Recherches historiques*

trouve également, plus correcte et illustrée de figures exactes, dans un autre manuscrit (1) du XIIIe siècle, sous le même titre : *Liber Jordanis de ratione ponderis* ; d'ailleurs, ces copies mêmes sont probablement très postérieures à l'original ; certaines démonstrations présentent des lacunes, des passages incompréhensibles que l'on ne saurait attribuer à l'auteur même de ce traité, car celui-ci était sûrement bon géomètre.

Ce traité fut imprimé au XVIe siècle. Tartaglia en laissa, parmi ses papiers, un exemplaire qu'il avait illustré de quelques figures ; il le légua au grand éditeur vénitien, Curtius Trojanus, qui était son ami, avec mission de le publier ; en effet, en 1565, Curtius Trojanus en fit un petit livre (2), auquel il adjoignit le *Traité des poids* du pseudo-Archimède et quelques déterminations expérimentales de poids spécifiques, dues à Tartaglia.

Curtius Trojanus donnait cet écrit comme le résultat de la correction apportée par Tartaglia au manuscrit primitif ; en fait, Tartaglia n'avait rien corrigé du tout. Si l'on compare le traité imprimé au texte manuscrit que nous avons eu en mains, on observe, de prime abord, une seule modification : la division en quatre livres, qui partage celui-ci, a disparu en celui-là. Quelques additions se laissent découvrir ; elles sont souvent fâcheuses. Presque toujours, le texte du manuscrit a été purement et simplement reproduit par l'imprimeur, mais par un imprimeur inhabile à déchiffrer une écriture du XIIIe siècle ; aussi les fautes, déjà nombreuses par le fait des copistes, arrivent-elles à foisonner ; *pondus* se change en *mundus*, *regula* est constamment remplacé par *responsa*. Les figures, d'ailleurs, valent le texte ; gravées par un artiste qui n'en

sur le Principe d'Archimède (REVUE ARCHÉOLOGIQUE, nouvelle série, t. XIX, p. 117, 1869)]. D'ailleurs, l'écriture de ce Ms. est nettement du XIIIe siècle.

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, N° 8680 A.

(2) Jordani *Opusculum de ponderositate*, Nicolai Tartaleæ studio correctum novisque figuris auctum. Venetiis, apud Curtium Trojanum, MDLXV.

comprenait point l'objet, marquées de lettres indistinctes qui s'accordent à peine avec les notations du raisonnement, si mal orientées que les horizontales se changent parfois en verticales, elles contribuent à augmenter encore le désordre et la confusion.

Tout concourait, en un mot, à rendre méconnaissables les idées mécaniques nouvelles qui distinguaient ce traité des *Elementa Jordani*.

Ces idées, nous allons les analyser ; mais une question se pose à leur sujet : Quel est le géomètre qui les a conçues ? A cette question, il ne nous est point possible de répondre. Les manuscrits qui nous les ont conservées les donnent comme de Jordanus. Or, le traité de Jordanus a été, il est vrai, le germe qui a produit l'écrit qui nous occupe ; mais celui-ci ne saurait être regardé comme un simple développement de celui-là ; rectifiant en plusieurs points ce que les *Elementa Jordani* contenaient d'erroné, il développe de la manière la plus heureuse les indications justes que renfermait ce petit ouvrage ; il constitue une œuvre originale et forte ; la citer sous le nom de Jordanus de Nemore serait grossir le patrimoine, déjà si riche, de cet auteur en lui attribuant un bien qui n'est point le sien. Ignorant d'autre part le nom de celui qui a légitimement acquis ce bien, nous le désignerons comme le *Précurseur de Léonard de Vinci*. Nous verrons, en effet, que les pensées de ce géomètre inconnu ont exercé sur l'œuvre mécanique du grand peintre une profonde et fécondante influence.

Le quatrième livre du traité composé par le précurseur de Léonard concerne la Dynamique bien plutôt que la Statique ; il y est parlé surtout de l'influence qu'un milieu fluide, tel que l'air ou l'eau, exerce sur les corps qui se meuvent en son sein. On ne s'attend point, sans doute, à ce qu'un mécanicien du XVIe siècle émette des idées bien exactes et bien profondes au sujet de ces problèmes qui, aujourd'hui encore, nous paraissent presque inabordables. Ces idées, en tout cas, n'auraient point à figurer dans une

étude sur les Origines de la Statique. Nous mentionnerons, cependant, quelques-unes des opinions émises par notre auteur touchant la Dynamique, car très originales, très aisées à reconnaître, elles nous permettront de retrouver sa marque dans les écrits de ses successeurs et, particulièrement, de Léonard de Vinci.

Tout milieu gêne le mouvement d'un mobile qui le traverse (1) ; cet obstacle apporté au mouvement dépend, d'ailleurs, d'une foule de circonstances. Il dépend, en premier lieu, de la forme du mobile (2), qui pénètre d'autant mieux le milieu que sa figure est plus aiguë et la surface plus lisse. Il dépend, en second lieu, de la densité du fluide traversé (3) ; un milieu plus dense se laisse moins aisément traverser qu'un milieu moins dense ; l'eau résiste plus que l'air. Selon notre auteur, tout milieu est compressible ; les couches supérieures d'un fluide pressant les couches inférieures, celles-ci se trouvent être plus denses que celles-là (4) ; les couches profondes gêneront donc le mouvement plus que les couches superficielles (5).

A la proue du mobile, se trouve une portion du milieu comprimée et adhérente au mobile (6) ; mais d'autres portions du milieu, chassées par le mobile, se recourbent en arrière pour venir occuper l'espace qu'il laisse vide (7) ; ce mouvement courbe des parties latérales du milieu peut être comparé à la flexion de l'arc ; lorsque, en un corps, la partie moyenne est immobilisée, une impulsion exercée sur les parties extrêmes incurve aisément ce corps (8).

Aristote attribuait au mouvement du milieu la conservation du mouvement du projectile après que celui-ci

(1) *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio XXIX.
(2) *Ibid.*, Quæstio XXXV.
(3) *Ibid.*, Quæstio XXX.
(4) *Ibid.*, Quæstio XXXIII.
(5) *Ibid.*, Quæstio XXXII.
(6) *Ibid.*, Quæstio XLII.
(7) *Ibid.*, Quæstio XLIII.
(8) *Ibid.*, Quæstio XLI.

a quitté son moteur. Cette opinion avait été suivie par Alexandre d'Aphrodisias, par Themistius, par Simplicius, par Averroës et par saint Thomas d'Aquin. Ce que notre auteur attribue au mouvement du milieu, ce n'est pas la conservation du mouvement du projectile, mais l'accélération de ce mouvement ; c'est le mouvement de l'air qui explique l'accélération de la chute des graves, accélération déjà connue d'Aristote et de ses commentateurs et considérée par eux comme l'effet d'un accroissement de pesanteur. Citons le passage où le Précurseur de Léonard de Vinci formule cette curieuse théorie de la chute accélérée (1) :

« *Une chose grave se meut d'autant plus rapidement qu'elle descend plus longtemps.* Ceci est plus vrai dans l'air que dans l'eau, car l'air est propre à toutes sortes de mouvements. Donc un grave qui descend, tire, en son premier mouvement, le fluide qui se trouve derrière lui et met en mouvement le fluide qui se trouve au-dessous, à son contact immédiat ; les parties du milieu ainsi mises en mouvement meuvent celles qui les suivent, de telle sorte que celles-ci, déjà ébranlées, opposent un moindre obstacle au grave qui descend. Par le fait, il devient plus grave et donne une plus forte impulsion aux parties du milieu qui cèdent devant lui, au point que celles-ci ne sont plus simplement poussées par lui, mais qu'elles le tirent. Il arrive ainsi que la gravité du mobile est aidée par leur traction et que, réciproquement, leur mouvement est accru par cette gravité, en sorte que ce mouvement augmente continuellement la vitesse du grave. »

Cette explication de la chute accélérée des corps graves paraît avoir été inconnue des anciens ; Simplicius, qui énumère les diverses opinions de ses prédécesseurs sur ce phénomène, ne la mentionne pas ; elle fut, au contraire, favorablement accueillie par maint auteur du moyen âge

(1) *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio XXXIV.

ou de la Renaissance. Walter Burley (Burlæus), écrivant en la première moitié du XIVe siècle ses commentaires sur Aristote, l'adopta dans ses commentaires au *Liber II, Cap. 76* des *Physicæ Auscultationes*. Les quelques pensées touchant l'influence que le milieu exerce sur la chute des graves, dont nous venons de reproduire l'expression, semblent avoir été, pour Léonard de Vinci, une sorte de bréviaire, constamment médité, où il a puisé bon nombre de ses opinions au sujet de la Dynamique. Ces opinions, nous les retrouvons dans les écrits de Cardan. L'explication que notre auteur du XIIIe siècle avait donnée de la chute accélérée des graves fut également acceptée par le Cardinal Gaspard Contarini, au premier livre de son *De elementis*, imprimé en 1548, six ans après la mort de son auteur. En 1576, Benedictus Pererius la fit sienne en son *De communibus omnium rerum naturalium principiis*. Gassendi, enfin, l'admettait encore en 1640, dans ses *Epistolæ tres de motu impresso a motore translato* ; il l'abandonna seulement en 1645, dans une lettre adressée au P. Casrée, lettre où la théorie actuelle de la chute accélérée des graves se trouva, pour la première fois, formulée d'une manière complète.

On conçoit par là le rôle essentiel qu'a joué notre géomètre du XIIIe siècle dans le développement de la science du mouvement.

Mais ce rôle n'est point celui qui doit, en ce moment, arrêter notre attention ; notre objet est d'évaluer l'apport du précurseur de Léonard à la science de l'équilibre ; cet apport, nous l'allons voir, est des plus riches.

Du traité que nous analysons, les trois premiers livres sont consacrés à la Statique ; le second livre, réservé à des problèmes qui se rattachent au *De canonio*, contient peu d'idées nouvelles ; le premier et le troisième nous retiendront seuls.

Le premier livre débute exactement comme les *Elementa Jordani* ; les mêmes axiomes se succèdent dans le même

ordre. Dans les deux écrits, la première proposition énonce sous la même forme le principe fondamental de la Dynamique péripatéticienne. Mais, dès la seconde proposition (1), on voit s'affirmer l'originalité du Précurseur de Léonard.

Il s'agit d'une proposition dont nous avons analysé, au Chapitre précédent, l'énoncé et la démonstration.

Jordanus considérait un levier *bc* (fig. 21), mobile

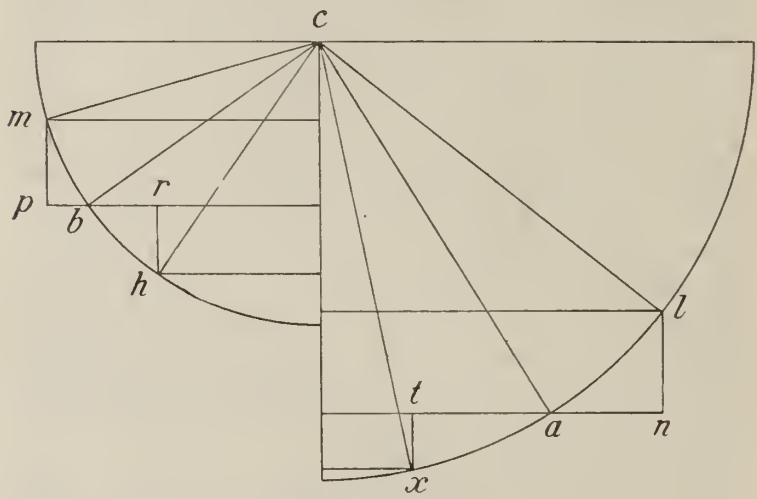


fig. 24.

autour du point *a*, et dont les bras égaux portaient des poids égaux ; ce levier était écarté de l'horizontale de telle manière que le poids *b* soit abaissé et le poids *c* élevé ; dans une telle position, le poids *c* devait être plus grave que le poids *b*, parce que la descente le long de l'arc *cd* est moins oblique que la descente le long de l'arc égal *bg*.

Le Précurseur de Léonard emprunte, il est vrai, à Jordanus et l'énoncé et la démonstration de cette proposi-

(1) Liber primus, Prop. II. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio II.

tion ; mais il fait suivre la démonstration de quelques considérations qui en sont une réfutation concluante.

L'excès de l'obliquité de l'arc *bg* sur l'obliquité de l'arc *cd*, dit en effet notre auteur, peut être rendu plus petit que n'importe quelle quantité ; de telle sorte que si l'on place en *c* un certain poids et en *b* un poids qui surpasse le poids *c* de n'importe quelle quantité fixe, le poids *b* descendra et fera monter le poids *c*.

Après avoir apporté cette correction à une erreur de Jordanus, notre auteur reproduit, sans leur apporter aucune modification essentielle, quelques-unes des propositions de son prédécesseur ; il lui emprunte, en particulier, sa belle démonstration de l'équilibre du levier droit. Il arrive enfin à ce problème (1) :

Une balance (fig. 24) a deux bras inégaux *ca*, *cb*, qui font entre eux un certain angle ; les deux points *a*, *b*, sont équidistants de la verticale qui passe par le point d'appui *c* ; ils portent des poids égaux ; la balance est-elle ou n'est-elle pas en équilibre ?

Jordanus avait traité ce problème ou, du moins, un cas particulier de ce problème ; il avait conclu que la balance n'était pas en équilibre dans les conditions prescrites et que le poids porté par le moindre bras *cb* l'emportait sur le poids pendu au grand bras *ca*.

Le Précurseur de Léonard donne, au contraire, au problème énoncé cette réponse correcte : La balance demeurera en équilibre. Mais il ne se contente pas de formuler cette réponse exacte ; il la justifie par une démonstration des plus remarquables.

De part et d'autre du bras *ca*, il trace deux rayons *cx*, *cl*, faisant avec *ca* des angles égaux ; de même, de part et d'autre du bras *cb*, il mène deux rayons *ch*, *cm*, faisant avec *cb* des angles égaux entre eux et égaux aux précédents.

(1) Liber primus, Prop. VIII. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio VIII.

Cela posé, il se demande si le poids a pourra l'emporter sur le poids b, et il déclare que cela ne se pourra pas ; car alors les bras ca, cb du levier viendraient respectivement en cx, cm ; le poids a, descendant de la hauteur tx, ferait monter le poids b, qui lui est égal, d'une hauteur pm, supérieure à tx. De même, le poids b ne saurait l'emporter sur le poids a, car le bras cb viendrait en ch tandis que le bras ca viendrait en cl : et le poids b, s'abaissant de la longueur rh, élèverait le poids égal a d'une longueur nl supérieure à rh.

Cette démonstration offre une parenté évidente avec celle que Jordanus a donnée pour la loi d'équilibre du levier ; mais cette nouvelle application de la méthode des déplacements virtuels présentait certaines difficultés que la première ne rencontrait pas ; en effet, dans le cas du levier droit, l'équilibre est indifférent, en sorte que tout déplacement virtuel fini correspond à un travail de la puissance exactement égal au travail de la résistance ; dans le cas du levier coudé, l'équilibre est stable ; l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant n'a plus lieu, sauf pour les déplacements infiniment petits qu'un géomètre du XIIIe siècle n'aurait su traiter ; ces difficultés, le Précurseur de Léonard de Vinci a su les surmonter de la manière la plus heureuse.

En combinant la démonstration que nous venons de rapporter avec ce principe : « Ce qui suffit à élever un certain poids à une certaine hauteur suffit aussi à élever un poids n fois moindre à une hauteur n fois plus grande », principe implicitement admis dans la démonstration que Jordanus avait donnée de la loi d'équilibre du levier droit, on obtient sans peine la condition d'équilibre d'un levier coudé quelconque dont les bras portent des poids quelconques.

Cette règle, le Précurseur de Léonard la connaît, en effet, et il la démontre précisément par la voie que nous

venons d'indiquer. Si, dit-il (1), une balance coudée *acb* (fig. 25) porte en *a* et *b* des poids inégaux, elle s'orientera de telle sorte que les distances *ad*, *be*, des points *a* et *b* à la verticale *ch* du point de suspension soient en raison inverse des poids qui sont pendus en ces mêmes points.

Ces règles peuvent encore s'énoncer ainsi : L'effet d'un poids qui pend à l'extrémité d'un bras de levier incliné d'une manière quelconque est mesuré par le *moment* de ce poids par rapport à la verticale du point d'appui. Cette manière d'envisager les problèmes dont nous venons

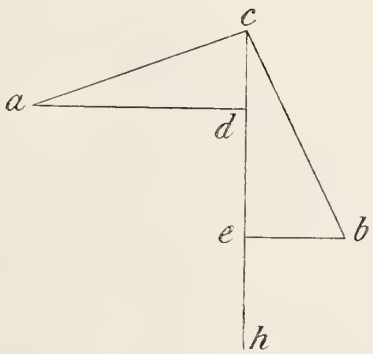


fig. 25.

de parler n'échappe point à notre auteur. « Si, dit-il (2), on soulève un fardeau, et si l'on connaît la longueur de son support, on peut, en toute position, déterminer ce que pèse ce fardeau... Le poids de ce fardeau porté en *e* par le support *be* (fig. 26), sera au poids porté en *f* par *fb* comme *el* est à *fr* ou comme *pb* est à *xb*... Le poids placé en *e* à l'extrémité du levier *be* pèsera comme s'il était en *u* sur le levier *bf*. »

(1) Liber tertius, Propositiones I et II. — *Édition de Curtius Trojanus*. Quæstiones XXIII et XXIV.

(2) Liber tertius, Propositio V. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio XXVII. En cette proposition, le copiste a introduit des erreurs qui, parfois, rendent méconnaissable la pensée de l'auteur.

Ainsi se trouve complétée et mise sous forme quantitative la loi que Jordanus avait énoncée et qui désignait la gravité *secundum situm* comme diminuant au fur et à mesure que le bras de levier se rapproche de la verticale.

Cette notion acquise, il est aisé de reconnaître qu'une balance est en équilibre stable lorsqu'en joignant le point d'appui aux points de suspension des poids, on forme un angle dont le sommet est dirigé vers le haut ; notre auteur a sûrement aperçu cette vérité (1). Si le même angle est tourné vers le bas, le seul état d'équilibre dont la balance

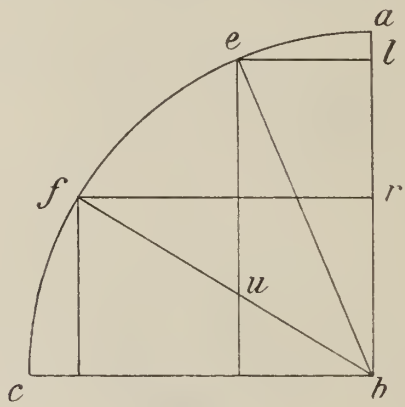


fig. 26.

soit susceptible est un état d'équilibre instable ; le Précurseur de Léonard formule nettement cette proposition (2) qui contredit une affirmation des *Quæstiones mechanicæ* ; Aristote, en effet, avait prétendu qu'un tel état d'équilibre était indifférent.

La loi d'équilibre du levier coudé, obtenue par une ingénieuse application du principe des déplacements virtuels, la notion de moment clairement évaluée, ce sont là

(1) Liber primus, Propositio VIII. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio VIII.

(2) Liber primus, Propositio VIII, et Liber tertius, Propositio III. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstiones VIII et XXV.

des découvertes qui suffiraient à assurer au Précurseur de Léonard une place de choix parmi les créateurs de la Statique. Mais elles n'épuisent pas la liste des trouvailles dont il a enrichi la Mécanique; cette science lui doit encore d'avoir résolu le problème du plan incliné.

Un seul géomètre de l'antiquité, Pappus, s'était occupé de ce problème ; il en avait donné une solution, inexacte d'ailleurs, dont nous aurons à parler au prochain Chapitre ; cette solution ne semble pas avoir été connue des mécaniciens du moyen âge ; elle n'a exercé sur leurs recherches aucune influence.

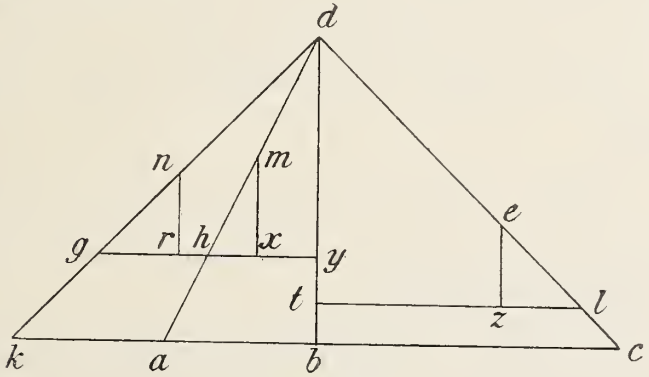


fig. 27.

Il est surprenant que Jordanus de Nemore n'ait pas songé à reprendre le problème du plan incliné ; en aucune question, la notion de *gravitas secundum situm* ne pouvait être d'une application plus simple et plus obvie ; les mouvements circulaires, seuls considérés par ce grand géomètre, se prêtaient beaucoup moins aisément à la considération de cette gravité.

Si Jordanus avait songé à traiter par ses principes le problème du plan incliné ; si, non content d'affirmer que la gravité *secundum situm* est d'autant plus grande qu'un trajet donné, compté sur la trajectoire, *prend* davantage *du direct*, il avait admis que la gravité *secundum situm*

est proportionnelle à la longueur de ce *direct* pris par une chute oblique de longueur donnée, il eût, du premier coup, triomphé là où Pappus avait échoué. Encore une fois, cette application s'offrait si naturellement aux postulats des *Elementa Jordani super demonstrationem ponderis* que l'on est surpris de voir l'auteur de ce traité laisser à autrui l'honneur de la faire.

Cet honneur était réservé au Précurseur de Léonard.

Celui-ci remarque d'abord (1) que la gravité *secundum situm* d'un poids qui repose sur un plan incliné est la même quelle que soit la position de ce poids sur le plan ; puis il aborde la comparaison des valeurs que prend cette gravité sur des plans diversement inclinés. Traduisons *in extenso*, d'après le texte manuscrit du XIIIe siècle, l'énoncé et la démonstration de cette proposition capitale (2) :

« *Si deux poids descendent par des chemins diversement inclinés, et que les poids soient directement proportionnels aux déclinaisons, ces deux poids seront de même vertu dans leur descente.*

» Soit *ab* (fig. 27) une horizontale, et soit *bd* une verticale ; supposons que, de part et d'autre de celle-ci, descendent deux obliques *da*, *dc*, et que *dc* soit d'une plus grande obliquité relative ; par rapport des obliquités, j'entends le rapport des déclinaisons, non le rapport des angles, c'est-à-dire le rapport des longueurs des lignes comptées jusqu'à leur intersection avec l'horizontale, de telle sorte qu'elles prennent semblablement du direct.

» En second lieu, soient *e* le poids placé sur *dc*, *h* le poids placé sur *da*, et supposons que *e* soit à *h* comme *dc* est à *da*. Je dis que, dans une telle situation, ces deux poids auront même vertu.

(1) Liber primus, Propositio IX. — *Édition de Curtius Trojanus*, Quæstio IX.

(2) Ibid.

» Soit, en effet, *dk* une ligne ayant même obliquité que *dc* et, sur cette ligne, un poids *g* égal à *e*.

» Que le poids *e* descende en *l* si cela est possible, et qu'il tire (1) le poids *h* en *m* ; prenons *gn* égal à *hm* et, par conséquent, à *el*. Par les points *g*, *h*, faisons passer une perpendiculaire à *db* ; soit *ghy* cette ligne. Du point *l*, abaissons sur *db* la perpendiculaire *lt*. Puis abaissons *nr*, *mx* perpendiculaires sur *ghy*, et *ez* perpendiculaire sur *et*. Le rapport de *nr* à *ng* est celui de *dy* à *dg* et aussi celui de *db* à *dk* ; de même, le rapport de *mx* à *mh* est celui de *db* à *da*. Donc *mx* est à *nr* comme *dk* est à *da*, c'est-à-dire comme le poids *g* est au poids *h*. Mais comme *e* ne pourrait pas hisser *g* en *n*, il ne pourra pas non plus hisser *h* en *m*. Les poids demeureront donc en équilibre. »

La démonstration est calquée sur celle que Jordanus a donnée de la loi d'équilibre du levier ; elle met en jeu le même postulat implicite : *Ce qui peut élever le poids* P *à la hauteur* H, *peut aussi élever le poids* $\frac{P}{\lambda}$ *à la hauteur* λH. Après avoir donné à Jordanus une preuve convaincante de la loi d'équilibre du levier droit, ce postulat a permis au Précurseur de Léonard de Vinci de résoudre les deux problèmes du levier coudé et du plan incliné. La fécondité de ce principe se manifeste donc clairement dès le XIIIe siècle ; jusqu'à nos jours, elle ne cessera plus de produire ses conséquences. Ce principe est la véritable origine de la méthode des variations virtuelles dont l'ampleur et la puissance font l'admiration des physiciens modernes. Né des méditations de Jordanus et du Précurseur de Léonard, il se développera en l'œuvre de Léonard, de Guido Ubaldo, de Galilée, de Roberval, de Descartes, de Jean Bernoulli, pour prendre son plein épanouissement dans les écrits de Lagrange et de J. Willard Gibbs.

(1) Il est clair que l'auteur imagine les deux poids reliés par un fil qui, en *d*, passe sur une poulie.

Mais avant que nous puissions apprécier exactement l'influence exercée par le Précurseur de Léonard sur les recherches mécaniques du grand peintre, il nous faut encore analyser un dernier traité issu de l'École de Jordanus.

4. *Le* Traité des poids *selon Maître Blaise de Parme*

Biagio Pelacani, autrement dit Blasius de Parma, appartient à une famille de Parme qu'ont illustrée divers médecins, savants et philosophes ; tel Antoine Pelacani, qui mourut à Vérone en 1327 ; tel encore François Pelacani, qui exerçait la médecine à Parme en 1438.

Blaise (1) était également médecin ; mais comme bon nombre de médecins de cette époque, il n'était étranger à aucune science. Ayant été reçu Docteur de l'Université de Pavie en 1374, il enseigna l'astrologie à Bologne de 1378 à 1384 ; il professa ensuite à Padoue jusqu'en 1388, puis, de nouveau, à Bologne ; en 1404, 1406, 1407, nous le retrouvons à Pavie ; il trouve également le temps de se rendre à Paris ; de 1408 à 1411 il reprend sa chaire de Padoue et meurt à Parme, sa ville natale, le 23 avril 1416. Tiraboschi le qualifie de « filosofo e matematico insigne » ; en effet, Luca Paciolo le cite parmi les auteurs dont il s'est servi pour écrire sa *Summa de arithmetica geometria ;* Léonard de Vinci et Cardan font mention de ses recherches de Statique ; certains de ses écrits, notamment son commentaire au *De latitudinibus formarum* de Nicolas Oresme, furent imprimés (2) au XVIe siècle. Mais il semble

(1) Voir : Affò, *Scrittori parmigiani*, Parma, 1789 ; t. II, pp. 112, 118, 123. — Tiraboschi, *Storia delle lettere italiane*, 1807, t. VI, I, pp. 335-339. — Gherardi, *Di alcuni materiali per la storia della facoltà matematica nell' antica universita di Bologna*, Bologna, 1846.

(2) Bassiani politi Laudens, *De numero modalium ;* — Ejusdem, *Tractatus proportionum.* — Nicolaï Horen, *Proportiones ;* — Ejusdem, *De latitudinibus formarum.* — Blasii de Parma, *De latitudinibus forma-*

avoir dû aux défauts de son caractère ses nombreux changements de résidence ; à Padoue, les étudiants, irrités de sa grossièreté et de son avidité, refusèrent de suivre ses cours ; les Parisiens, enfin, avaient composé à son sujet ce dicton peu flatteur : « C'est le diable, à moins que ce ne soit Blaise de Parme — *Aut diabolus, aut Blasius Parmensis* ».

Le manuscrit (1) qui nous a conservé le *Tractatus de ponderibus secundum Magistrum Blasium de Parma* est dû à la plume d'Arnaud de Bruxelles ; celui-ci en acheva la copie, à Naples, le 5 janvier 1476.

Trois parties composent cet ouvrage, où Blaise Pelacani a tenté d'exposer sous une forme coordonnée les doctrines de l'École de Jordanus ; ce but, d'ailleurs, est imparfaitement atteint et plus d'une incohérence peut être signalée au cours de ce *Traité des poids*.

La troisième partie est consacrée à l'Hydrostatique ; elle sera pour nous d'un grand intérêt au jour où nous étudierons la formation de cette science ; visiblement, Blaise de Parme a fait usage, pour la composer, du *Traité des poids* faussement attribué à Archimède — qu'il nomme *Alaminide*. Mais ce livre n'est point le seul qu'il ait consulté ; il donne de l'aréomètre à poids constant une description assez semblable à celle que l'on trouve dans un certain *Carmen de ponderibus* ou *de ponderibus et mensuris*, que la collection des *Poetæ latini minores* attribue, faussement d'ailleurs, à Priscien. Comme ce n'est point l'histoire de l'Hydrostatique, mais celle de la Statique générale qui nous occupe ici, nous ne nous attarderons pas à l'étude de cette troisième partie, qu'il nous suffira d'avoir signalée.

rum; De sex inconvenientibus. — Joannis de Lasali, *De velocitate motus alterationis.* — Blasii de Parma, *De tactu corporum durorum.* Venetiis, mandato et sumptibus heredum Oct. Scoti Modoetiens, per Bonetium Locatellum Bergom. Kal. Sept. MDV.

(1) *Bibliothèque Nationale*, fonds latin, No 10 252.

Les deux premières parties du traité de Blaise de Parme sont consacrées à l'étude de la Statique ; la Statique qui y est exposée se rattache nettement à l'École de Jordanus ; mais il ne paraît pas que Biagio Pelacani ait fait usage du texte primitif de Jordanus de Nemore ; son ouvrage est une sorte de synthèse du livre que nous avons nommé le *Commentaire péripatéticien* et du traité composé par l'auteur inconnu que nous avons appelé le Précurseur de Léonard de Vinci. D'autres écrits, d'ailleurs, inconnus de nous, ont peut-être contribué à cette formation ; ainsi la première partie du livre de Blaise de Parme porte assurément la trace du commerce de l'auteur avec le préambule du *Commentaire péripatéticien ;* mais, parmi les propositions géométriques qui y sont démontrées, deux théorèmes sont précisément ceux que Jordanus invoque comme établis dans le *Philotechnes ;* le préambule du *Commentaire péripatéticien* mentionne un seul de ces deux théorèmes ; Blaise de Parme n'aurait-il point eu en mains ce *Philotechnes* aujourd'hui ignoré ?

L'influence exercée par le *Commentaire péripatéticien* sur l'esprit de Blaise de Parme est particulièrement nette au cours de la première partie de son traité. Dès la première phrase, la parenté des deux ouvrages s'affirme : « Cum scientia de ponderibus sit subalternata tam geometriæ quam philosophiæ naturali... », dit, en débutant, l'auteur du XIIIe siècle ; et Pelacani commence son écrit par ces mots : « Scientia de ponderibus philosophiæ naturali vere dicitur subalternari ».

C'est, d'ailleurs, la plus pure physique péripatéticienne qui guide Biagio Pelacani vers la notion de gravité *secundum situm.* « Un grave, dit-il, que l'on place hors de son lieu naturel tend à descendre par la corde plutôt que par l'arc : car, lorsqu'il est hors de son lieu naturel, où il doit demeurer pour sa conservation et sa perfection, il tend à rejoindre ce lieu le plus rapidement possible, partant, par le chemin le plus court. Un grave sera donc

d'autant plus lourd qu'il descendra plus droitement au centre ; l'obliquité ou la courbure de sa trajectoire diminuent sa gravité de situation. » Dans bien des cas, d'ailleurs, Blaise de Parme, s'écartant de Jordanus, mais se rapprochant du *Commentaire péripatéticien*, attribue la diminution de gravité non à l'obliquité, mais à la courbure.

De la notion de *gravitas situalis*, Blaise de Parme tire de suite un curieux corollaire, que nous n'avons point trouvé chez ses prédécesseurs : « Lorsqu'on éloigne du centre du monde une balance dont les bras égaux sont chargés de poids égaux, ces poids semblent d'autant plus lourds que la balance est placée plus haut. » En effet, la ligne selon laquelle chacun des poids tend à tomber fait avec la verticale qui passe par le point d'appui du fléau un angle d'autant plus aigu que la balance est plus loin du centre du monde. Il est piquant de remarquer que Mersenne et Descartes reprendront presque textuellement la même argumentation.

La seconde partie du traité de Biagio Pelacani est essentiellement formée, comme le *Commentaire péripatéticien*, comme le *Liber Euclidis de ponderibus*, par la réunion des *Elementa Jordani* et du *De canonio*. Entre ces deux ouvrages ainsi soudés, Blaise de Parme a tenté d'effacer toute disparate ; la première proposition du *De canonio* ne renvoie plus « aux livres qui traitent de ces choses » ; elle invoque le dernier théorème démontré par Jordanus ; dans les propositions empruntées à ce dernier auteur (qui, d'ailleurs, n'est jamais nommé), le fléau de la balance reçoit parfois de Pelacani le nom de *canonium*. La soudure des deux écrits hétérogènes n'en demeure pas moins visible, à peine se cache-t-elle sous ce semblant de transition : « Nunc, datis ponderibus, volo notitiam brachiorum indagare ».

C'est encore le *Commentaire péripatéticien* qui inspire à Blaise de Parme, fort malheureusement d'ailleurs, la plupart des démonstrations données en sa seconde partie.

Prenons, par exemple, la démonstration qu'il substitue, lorsqu'il veut justifier la loi d'équilibre du levier, au raisonnement, si riche en conséquences, qu'avait donné Jordanus.

Il considère un levier (fig. 28) dont le grand bras *bc* soit quadruple du petit bras *ab* ; il trace les arcs de cercle *am*, *cn* que décriraient, dans leur descente, des poids placés en *a* et *c*. Si ces poids sont égaux, ils ne pourront se faire

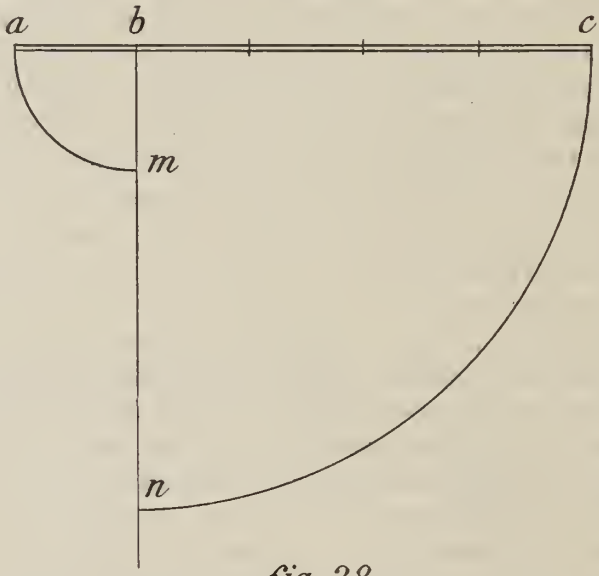


fig. 28.

équilibre « car le quadrant *am* est plus courbé que le quadrant *cn*, en sorte que le poids pendant au grand bras sera plus lourd dans le rapport même où le quadrant correspondant est plus droit... Et comme la rectitude du quadrant *cn* est à la rectitude du quadrant *am* dans le même rapport que *bc* à *ab*, la gravité de situation du poids placé en *a* sera quadruple de la gravité de situation du poids égal pendu en *b*. »

Blaise de Parme, toutefois, n'est point sans subir l'in-

fluence du Précurseur de Léonard de Vinci ; c'est à cet auteur, on n'en saurait douter, qu'il emprunte l'énoncé et la démonstration que voici :

Il suppose que des poids égaux soient fixés aux points *a* et *c* (fig. 29) d'une ligne *abc*, dont *b* est le milieu ; il suppose, en outre, que le point d'appui se trouve en *o*, sur la verticale du point *b*, mais au-dessous de ce point ; dans ces conditions, il déclare qu' « il sera difficile de mettre les poids en équilibre ».

« Supposons, en effet, que *a* descende aussi peu que l'on voudra ; le bras auquel le poids *a* est fixé devient plus long, tandis que l'autre bras devient plus court ; par con-

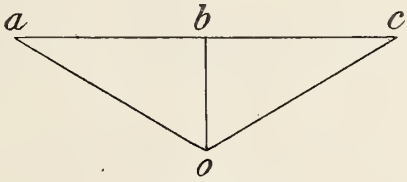


fig. 29.

séquent, *a* devient continuellement plus lourd et *c* plus léger. »

Malheureusement, lorsque Blaise de Parme emprunte ses énoncés au Précurseur de Léonard, il ne lui emprunte pas toujours ses démonstrations.

Il considère, par exemple, un levier coudé *acb* (fig. 24) dont les bras *ca*, *cb* sont inégaux, mais se terminent en des points *a*, *b* équidistants de la verticale qui passe par le point de suspension *c*. D'accord avec le Précurseur de Léonard, Pelacani affirme que des poids égaux, placés en *a* et *c*, se feront équilibre ; mais à la belle démonstration donnée par son prédécesseur, il substitue des considérations où l'on ne saurait apercevoir trace de preuves.

En lisant l'écrit du Précurseur de Léonard, Blaise de

Parme n'a pas pu ne pas remarquer la théorie du plan incliné; mais il ne semble pas avoir compris la beauté et la rigueur de cette théorie. Il paraît seulement avoir été frappé de ce fait, qui lui semblait paradoxal : Un poids, glissant sur un plan fortement incliné, peut obliger un poids plus considérable que lui à monter le long d'un plan plus faiblement incliné. Voici, du reste, le curieux passage où il expose sa pensée :

« ... Et ceci peut encore se démontrer en vertu de notre sixième principe, de la manière suivante : Tout grave désire descendre par la ligne verticale et non point par un

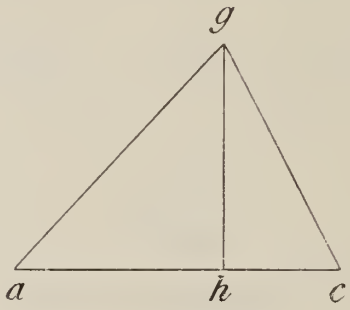


fig. 30.

arc de courbe, pourvu que ce grave soit abandonné à son naturel. Soit donc *hg* la verticale (fig. 30). Il suit de ce que nous avons prouvé que moins une descente diffère de la descente *gh*, plus cette descente participe du naturel, les poids considérés étant toujours égaux. De là résulte ce que nous nous proposons de démontrer.

» Qu'il en soit ainsi, cela est évident. Menons les deux lignes droites *cg* et *ag*, desquelles la ligne *cg* est moins distante du chemin vertical que la ligne *ag*; l'angle *cag* est plus aigu que l'angle *acg* ; cet angle *cag* découpe un plus petit arc.

» Mais ici un doute se présente à l'esprit : Le poids *c*

pourrait donc soulever un poids plus lourd que le poids *a* qui lui est égal ? Et, de suite, il apparaît qu'il en doit être ainsi. Puis, en effet, que le poids *c*, dans une telle situation, est plus lourd que le poids *a*, sa gravité en cette situation surpasse celle du poids *a*, d'un certain excès. Il en résulte donc que le poids *c* peut soulever un poids plus lourd que *a* lui-même. Sinon, la puissance active admettrait un terme affirmatif *per maximum*.

» Mais cette conclusion semble impliquer contradiction ; car il est certain que *c* et *a* sont également graves, ce qui entraîne nécessairement cette conclusion : Ce qui est plus lourd que *a* est aussi plus lourd que *c*. Il en résulte que si l'on met en balance avec *c* quelque chose qui soit plus lourd que *a*, ce poids *a* descendra nécessairement jusqu'en bas, conformément à notre troisième conclusion.

» De cette instance, je ne dirai rien ici... *Videant tamen philosophantes.* »

Pelacani semble, d'ailleurs, avoir été un esprit paradoxal et sceptique ; il se complaît à signaler des conséquences surprenantes, à opposer les unes aux autres des propositions contradictoires, à soulever des objections contre les théorèmes donnés par ses prédécesseurs. Les résistances passives, dont la considération ne paraît guère avoir préoccupé les géomètres de l'École de Jordanus, inquiètent Blaise de Parme. Il observe que ces résistances empêchent de conclure sûrement de l'équilibre de la balance à l'égalité des poids mis dans les plateaux. Il remarque que l'exactitude de plus d'une proposition de Statique exige que l'on fasse abstraction de toute résistance de la part du milieu. Il tente même, sous une forme bien naïve d'ailleurs, de traiter un problème d'équilibre en tenant compte de cette résistance.

Certes, le traité de Blaise de Parme n'a pas la puissante originalité de l'écrit composé par cet auteur inconnu que nous avons nommé le Précurseur de Léonard ; il ne

contient rien qui ait influé d'une manière heureuse sur le développement de la Statique ; il représente seulement un monument curieux des connaissances répandues, au début du xve siècle, parmi les physiciens. Mais il n'est point sans intérêt pour l'étude que nous poursuivons ; il est, en effet, nous l'allons voir, un des canaux par lesquels la Mécanique du moyen âge est parvenue jusqu'à Léonard de Vinci et jusqu'à Cardan.

(A suivre.) P. Duhem.

FIGURES PEINTES OU INCISÉES

SUR

LES PAROIS DES GROTTES PRÉHISTORIQUES

DATANT DE

LA FIN DU PALÉOLITHIQUE OU DES DÉBUTS DU NÉOLITHIQUE

I

On a dit que l'homme avait peut-être été un animal dessinant, avant même d'être un animal parlant. Il peut y avoir quelque vérité dans cette boutade. Pour les Indiens de l'Amérique du Nord, la pictographie était le moyen de transmettre leurs pensées et les Hyperboréens ont conservé jusqu'à nous cette coutume de leurs ancêtres. La gravure sur les parois des rochers était connue en Afrique dès les temps les plus reculés. Nous la voyons au nord, chez les populations sahariennes, au sud chez les Boschismen. Le Dr Capitan nous dit les *Hadjrat Mektoubat*. Tel est le nom donné par les Arabes à d'énormes rochers de grès rouge que l'on rencontre dans l'extrême sud de l'Algérie. Ils portent sur leurs parois lisses des personnages, des animaux, des scènes diverses et aussi des signes où l'on a cru voir des caractères encore indéchiffrables (1). Les Australiens primitifs, qui peuvent être

(1) Revue de l'École d'Anthr., mai 1902. Dès 1847, le Dr Koch et le capitaine Jacquot signalaient le combat de deux grands buffles (*Bubalus*), aujourd'hui disparus.

rangés parmi les populations les plus dégradées du globe, incisaient sur les arbres, des lignes parallèles tantôt courbes, tantôt brisées qui certainement pour eux avaient une signification (1).

On peut arriver à la même conclusion pour les cavernes du midi de la France qui, malgré des difficultés qui paraissaient insurmontables, ont été si vaillamment explorées par MM. Rivière, Cartailhac, Capitan, bien d'autres encore qui font grand honneur à la science et à la patrie.

Nous connaissions, depuis de longues années déjà, de nombreux objets en pierre, en os, en ivoire portant des sculptures, des gravures, des ornementations d'un travail souvent remarquable, tels le renne au pâturage de Thayngen, une gravure d'aurochs trouvée par Cartailhac dans la grotte de Marsoulas (2), le bâton de commandement (3) de Montgaudier (Charente). On est véritablement surpris de l'exactitude de la reproduction des deux phoques qu'il porte sur une des faces, de la hardiesse des contours, de la sûreté de main de l'artiste (4).

Il est impossible de passer sous silence les têtes de chevaux écorchés que nous devons à M. Piette (5). Elles soulèvent un problème assez intéressant. Étaient-elles ainsi préparées pour servir de modèle à l'ouvrier et faciliter sa tâche ? — Non assurément, répond S. Reinach avec sa grande compétence. L'art ne pouvait encore s'être élevé à cette hauteur.

Il serait facile de multiplier ces exemples. Ils suffisent

(1) Spencer and Gillain, *The native Races of central Australia.* — Perkins, *Some Australian Tree carvings.* — S. Reinach, ANTHR., 1895.

(2) MATÉRIAUX, 1884, p. 477.

(3) Je me sers d'un mot évidemment impropre, mais je n'en connais pas un meilleur qui puisse s'appliquer à ces instruments nombreux en France. S. Reinach les compare aux cornes d'urus que César cite chez les Germains.

(4) Gaudry et COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SC., 19 juil. et 25 nov. 1880. — On a longtemps ignoré l'existence du phoque en France durant le paléolithique. M. Hardy en a retrouvé récemment des débris dans la grotte Raymonden auprès de Périgueux.

(5) ANTHROPOLOGIE, 1905.

à montrer qu'avant la fin du paléolithique vivaient dans nos régions des hommes capables de reproduire, souvent avec un vrai talent, les objets qu'ils voyaient, les animaux qui erraient autour d'eux. Le territoire occupé par cette peuplade était très limité et nous voyons rarement ses œuvres en dehors du midi de la France et, si nous les trouvons, comme à Thayngen, par exemple, c'est toujours à proximité de nos frontières. Les premières années du XXe siècle nous ont apporté des révélations plus surprenantes encore; toutes provenaient de ces mêmes régions, évidemment dues aux mêmes peuplades.

Nos savants explorateurs ont parcouru, souvent en rampant par d'obscurs boyaux, d'autres fois en descendant par des puits, des orifices dont l'obscurité ne leur permettait même pas de mesurer la profondeur. Ils aboutissaient à des salles plus ou moins élevées dont les parois abruptes étaient ornées de représentations d'animaux au milieu desquels vivaient nos troglodytes, quelquefois, mais bien plus rarement, de leurs propres portraits. Ces figures relevées avec soin ont été présentées à l'Académie des Sciences et à celle des Inscriptions. Chez tous les membres, elles ont excité un grand et légitime étonnement.

Quant au fait certainement étrange que cet art n'a pas dépassé une zone aussi limitée et ne s'est pas répandu chez des sauvages avec qui nos peuplades entretenaient des relations, il le deviendrait plus encore, si nous acceptions les conclusions de M. S. Reinach qui nous dit qu'à l'époque du renne, époque où il fait remonter ces figures, l'art n'était ni spontané, ni à ses débuts. Il présente un facies, une homogénéité remarquables ; on ne saurait méconnaître son style. Dès lors, il est forcément le fruit d'un enseignement (1).

Nos savants si capables et si laborieux arriveront certainement à relever les débuts de cet art encore si mysté-

(1) Conférence faite à Paris pendant l'Exposition de 1890.

rieux (1). Aux jours où nous sommes, le progrès ne saurait plus s'arrêter (2).

Nous connaissons aujourd'hui neuf de ces cavernes et il est certain que d'autres restent encore à découvrir et à déblayer. Nous allons énumérer celles déjà connues ; nous les décrirons ensuite sommairement.

1. La grotte d'Altamira près de Santander (Espagne) fut reconnue dès 1879, puis fouillée et décrite par don Marcellino de Sautuola. Les figures peintes sur les parois excitèrent une grande incrédulité, un étonnement justifié. Cartailhac, à cette époque, se prononça non contre l'authenticité de ces peintures mais contre l'âge que l'on voulait leur attribuer. Les nombreuses peintures semblables reconnues en France modifièrent ses impressions ; il retourna à Altamira avec l'abbé Breuil en 1902. Il étudia de nouveau les figures qui se dressaient devant lui et reconnut son erreur avec une loyale franchise (3).

2. La grotte de Pair non Pair (commune de Marcamps, Gironde) a été mise au jour en 1883. Les fouilles ont continué pendant plusieurs années jusqu'au complet dégagement de la caverne.

3. M. Chiron, instituteur, avait fait connaître dès 1878, la grotte de Chabot à Aiguièze (Gard). Ce fut en 1895 seulement, que l'on releva la première silhouette d'un mammouth. Plus tard, comme nous le dirons, le Dr Capitan compléta la découverte.

4. La grotte de la Mouthe est la première des grottes que nous rencontrons groupées autour du village des Eyziès, dans le Périgord. La découverte remonte à 1895 et depuis cette époque notre savant collègue M. Rivière

(1) Grosse, *Les Débuts de l'art*, trad. de l'allemand, ANTHR., 1902, p. 993.

(2) M. Holmes arrive à une thèse à peu près semblable : « It is impossible to say of the ornemental art of any primitive people, just what causes have operated to bring it in existence or what ideas underline its varied phenomena. » *Ancient cities of Mexico*. Part I, p. 52.

(3) ANTHROPOLOGIE, t. XIII, pp. 348 et suiv.

n'a pas cessé, malgré les difficultés et malgré les dangers de la tâche, de poursuivre ses fouilles.

5. Dès 1897, M. F. Regnault observait deux animaux peints et des signes rouges dans la grotte de Marsoulas (Haute-Garonne). Au mois d'août 1902, Cartailhac découvrait des peintures dont il affirmait l'identité avec celles d'Altamira. Les fouilles assez dangereuses vont continuer ; elles aboutiront sûrement, d'après ce qui m'est rapporté, à d'autres découvertes.

6. Les Combarelles situées dans le petit village des Eyziès (Dordogne) ont été mises au jour au mois de septembre 1901, par le Dr Capitan et l'abbé Breuil, dont nous aurons souvent à répéter les noms et les importantes découvertes.

7. Font de Gaume est aussi dans ce même village des Eyziès non loin des Combarelles et datant de la même époque. C'est encore à MM. Capitan et Breuil que nous devons sa découverte, peu de jours après celle des Combarelles. Nous ne saurions omettre sans injustice le nom de M. Peyroni, l'habile indicateur.

8. La grotte de Bernifal aux Eyziès a été également découverte et fouillée en 1903 par le Dr Capitan, l'abbé Breuil et M. Peyroni.

9. Teyjat est une grotte du département de la Dordogne située entre Angoulême et Nontron. Elle fait partie de cette réunion si remarquable de grottes groupées autour des Eyziès et dont l'étude, poursuivie avec un soin digne des savants qui l'ont entreprise, leur fait grand honneur.

Ici s'arrêtent les cavernes reconnues jusqu'à ce jour. Nous allons résumer les connaissances nouvelles qu'elles apportent. Nous répéterons seulement que nous ne sommes qu'au début de ces découvertes et que l'avenir révélera à nos successeurs d'autres faits et modifiera peut-être les conclusions qu'elles comportent. Déjà l'abbé Breuil a annoncé à Cartailhac, qu'à la grotte du Mas d'Azil, rendue célèbre par les découvertes de notre savant collègue

M. Piette, il avait remarqué des traces certaines, mais assez clairsemées, de figures préhistoriques. Citons-les pour mémoire en attendant une étude plus complète.

II

Altamira, je l'ai dit, fut la première caverne à parois peintes reconnue en Europe, datant probablement de la fin du quaternaire. M. de Sautuola la découvrit en 1879 (1). Les fouilles mirent au jour un véritable Kjökkenmödding, des amas de coquilles maritimes, toutes comestibles, de silex travaillés, d'os ouvrés. Ces reliques ressemblaient absolument à celles provenant de la Madeleine ou de Laugerie Haute ; rien cependant n'a indiqué jusqu'ici dans ces dernières grottes des peintures rupestres.

A Altamira, les animaux, au nombre d'une vingtaine, forment un seul groupe, la plupart très artistement peints, à l'aide de l'ocre et du charbon très abondants dans la région. Ces peintures ont conservé un air de fraîcheur, de coloris qui a fait naître des doutes sur leur authenticité. Ce sont des bœufs à bosse, un équidé, une biche dont la tête est véritablement une œuvre de maître, d'autres encore. Tous ces animaux sont représentés de profil, la plus grande facilité d'exécution l'explique suffisamment (fig. 1).

Comme toute nouveauté, cette découverte de M. de Sautuola souleva de vives objections. Pourquoi ces peintures auraient-elles subsisté, alors que toute trace de la fumée des foyers avait disparu ? Pourquoi les dessins eux-mêmes ne pourraient-ils être reconnus qu'à la lumière artificielle ?

Mais ces objections, quelle que fût leur importance, devaient tomber devant les découvertes faites dans les

(1) *Breves Apuntes sub alcunos objetos prehistoricos de la Provincia de Santander.*

cavernes de la France. Là aussi, nous allons trouver des faits semblables ; l'inégalité de la conservation des teintes, l'absence sur plusieurs points de vernis stalagmitique, la perfection et l'originalité des œuvres, l'absence de toute trace de noir de fumée, l'obscurité si profonde, contre laquelle il semble que l'artiste n'avait nul moyen de lutter, faisaient perdre aux arguments leur valeur, puisqu'on les retrouvait en France dans les mêmes conditions sans suspecter leur authenticité.

Fig. 1. — Altamira. Gravure d'après M. de Sautuola.

Ces faits devaient frapper un esprit aussi éminent que Cartailhac. Il résolut de retourner à Altamira avec l'abbé Breuil et de procéder à une nouvelle étude (1). Cette seconde étude modifia ses premières impressions. Altamira, disait-il — et je ne puis que le répéter avec lui — nous étonnera toujours. En vain, fait-on appel à l'ethnographie, les renseignements ont beau venir du Transvaal,

(1) Cartailhac, *Les Cavernes ornées de dessins, la grotte d'Altamira en Espagne.— Meâ culpâ d'un Sceptique.* ANTHR., t. XIII, pp. 348 et suiv. Il est juste d'ajouter que, dès 1882, au Congrès de La Rochelle, le savant paléontologiste Vilanova défendait énergiquement les peintures d'Altamira dont l'authenticité était alors fort en question et les déclarait contemporaines des objets gravés avec des pointes en silex, trouvés dans la même grotte.

d'Australie, de l'Amérique du Nord, rien ne permet de soupçonner même pourquoi d'immenses surfaces étaient ainsi décorées jusque dans les entrailles de la terre. Mais qu'importe, ajoute Cartailhac, nous sommes aujourd'hui plus habitués aux surprises. Notre jeunesse croyait tout savoir ; les découvertes, se répétant chaque jour, montrent que l'anthropologie, comme toutes les sciences, écrit une histoire qui ne sera jamais terminée et que ses progrès dureront autant que l'humanité elle-même.

Le petit village des Eyziès (1) est coquettement situé sur la Vézère au-dessus du chemin de fer qui conduit d'Agen à Périgueux. Sa position est des plus pittoresques. Des rochers mesurant plus de cent mètres d'altitude l'enveloppent de toutes parts ; ils sont criblés de trous que l'on distingue de la voie ferrée, grottes ou cavernes qui servaient d'asile aux troglodytes, nos ancêtres, dont on trouve à chaque pas les reliques. Les grottes à parois peintes sont plus rares ; nous n'en connaissons encore que quatre dans le voisinage immédiat des Eyziès : La Mouthe, les Combarelles, Font de Gaume et Bernifal.

La Mouthe est la première grotte qui nous fait connaître, en France, des figures peintes ou gravées sur ses parois. Elle a été découverte au mois de septembre 1894 par M. Rivière au sommet d'une colline boisée à l'altitude de 193 mètres (2). Il faut ajouter que ce n'est pas le moindre service qu'il ait rendu à l'anthropologie.

L'exploration fut longue, nous pouvons même dire dangereuse, l'homme habita la grotte à plusieurs reprises et les détritus de toute sorte s'accumulaient jusqu'à la voûte sur une longueur de 280 mètres à partir de l'entrée jusqu'au fond de la grotte, sur une largeur variant de 3 à 5 ou 6 mètres et une hauteur minima de 3 mètres. Sous les traces de son habitation, on rencontre de l'argile

(1) Commune de Tayac (Dordogne).

(2) Comptes rendus de l'Acad. des Sc., 29 oct. 1894. — Rivière, *Figures gravées et peintes de la grotte de la Mouthe*, Paris, 1894.

rouge, où l'on a recueilli des ossements du renne, de l'ours et de l'hyène des cavernes. Les premiers dessins commencent à 96 mètres de l'entrée et se poursuivent jusqu'à 128 mètres, toujours dans la plus complète obscurité ; ils présentent trois modes différents d'exécution (1). Les uns sont gravés dans la roche calcaire très grenue, d'autres en diffèrent parce que sur certains points ils sont passés à l'ocre ; d'autres enfin sont de simples striages que l'on relève avec peine et dont il est difficile de prendre

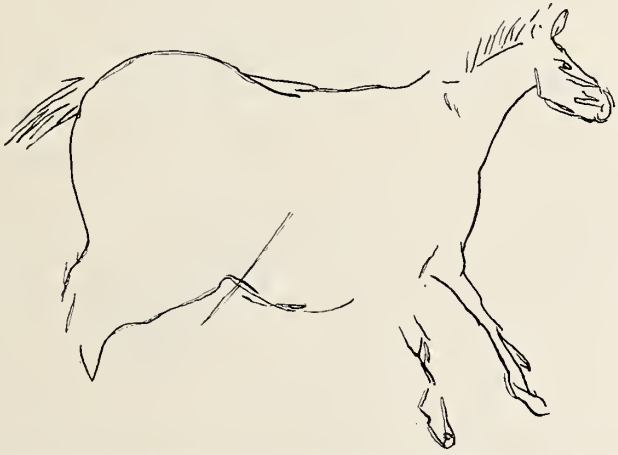


Fig. 2. — Grotte de la Mouthe. Équidé (hémione ?), relevé par M. E. Rivière.

l'estompage. Toutes ces gravures représentent des animaux, quelques-uns très frustes mais encore reconnaissables. Il faut citer : un mammouth que l'on croyait il y a peu d'années encore disparu avant l'apparition de l'homme, puis une série de bovidés dont un bison remarquable comme exécution ; la plupart de ces bovidés ont des poils d'une grande longueur sous le ventre et des cornes se rejoignant sous la mâchoire inférieure. Un cervidé aux

(1) E. Rivière, *Les Dessins gravés et peints de la grotte de la Mouthe.* Comptes rendus de l'Acad. des Sc., 30 sept. 1901.

flancs tachetés de brun foncé avec de l'ocre ; la tête est trop peu nette pour que l'on puisse reconnaître son espèce. Un renne mesurant plus d'un mètre de longueur ; deux équidés d'espèce différente, l'un paraît se rapprocher de l'hémione (fig. 2), l'autre est un cheval barbu (fig. 3). Ces animaux sont tous représentés de profil. C'est ce que nous avons vu à Altamira, c'est ce que nous rencontrerons aussi dans les autres grottes.

La grotte des Combarelles se trouve également dans le

Fig. 3 — Grotte de la Mouthe. Équidé barbu, relevé par M. E. Rivière.

rayon des Eyziès. Les découvertes que nous lui devons sont des plus importantes. Les savants qui nous les ont fait connaître, le Dr Capitan, l'abbé Breuil et M. Peyroni méritent à coup sûr toute la reconnaissance des anthropologistes (1).

Le 16 septembre 1901 (2), un membre éminent de l'Académie des Sciences en rendit compte à ses confrères. Ces découvertes n'étaient pas banales ; elles comprenaient

(1) Revue de l'École d'Anthr., janv. 1901.

(2) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences. — Capitan et Breuil, *Les Grottes à parois gravées ou peintes de l'époque paléolithique.*

109 animaux dont 14 mammouths tous parfaitement reconnaissables.

Les membres de l'Académie purent bientôt en juger par eux-mêmes, car deux mois plus tard, le Dr Capitan leur montrait les calques qu'il avait relevés. Ces gravures existaient sur un boyau de 234 mètres de longueur, sur 1 à 2 mètres de largeur et 1m,60 à 1m,75 de hauteur. Souvent ces mesures diminuent singulièrement ; il faut ramper sur le ventre avec les difficultés que présente une grotte creusée pendant des siècles dans une craie compacte, en suivant les méandres que forment les fissures et les fractures qui la traversent.

Ces figures commencent à 118 mètres de l'entrée ; elles sont souvent gravées dans des sortes de niches surbaissées. Le plancher de la grotte est couvert par la stalagmite ; il en est de même, sur bien des points, pour le plafond et les murailles recouverts par des couches très épaisses qui masquent une portion de la silhouette. La stalagmite ne saurait seule suffire pour fixer la date de ces dessins ; sa formation en effet dépend de conditions atmosphériques ou hygrométriques se modifiant rapidement.

Les figures sont quelquefois assez profondément gravées dans la roche ; d'autres fois, les troglodytes avaient gratté tout autour de la tête, de manière à former un champlevé, ou bien les traits étaient remplacés par une bande de peinture noire. Chaque artiste avait sa manière et l'on peut encore aujourd'hui la distinguer.

La technique qui a présidé à l'exécution des animaux, remarque le Dr Capitan, est déjà fort caractéristique. La fidélité dans le détail du rendu, l'exactitude du dessin, la précision remarquable des courbes fort compliquées, tout indique une observation juste et précise, une science déjà avancée et, comme l'a déjà fait remarquer M. Reinach, un enseignement établi.

Les animaux se suivent le long des parois de la grotte, rarement ils sont groupés, mais alors ils forment de véri-

tables scènes. D'autres fois, ils sont enchevêtrés les uns dans les autres ou jetés comme au hasard selon le caprice de l'artiste. Les équidés sont les plus nombreux ; l'un d'eux porte un chevêtre (fig. 4), un autre une couverture (fig. 5).

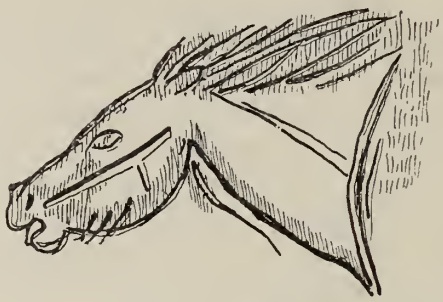


Fig. 4. — Grotte des Combarelles. Tête d'équidé portant un chevêtre (MM. Capitan et Breuil)

Cela prouverait, que dès cette époque reculée les animaux étaient domestiqués. Dans une autre figure, un cervidé ; il porte sur sa fesse droite une marque de propriété, des

Fig. 5. — Grotte des Combarelles. Cheval avec couverture (MM. Capitan et Breuil).

lettres peut-être ? Nous laissons courir la folle du logis, elle entraine de singulières conclusions. Il est certain que ces conclusions ne sont pas encore mûres et qu'elles ont besoin de preuves plus décisives.

Les membres de l'Académie des Sciences ont cru reconnaître, parmi les autres cervidés, l'antilope gnou qui ne vit aujourd'hui qu'en Afrique. Ce serait encore là un problème à élucider.

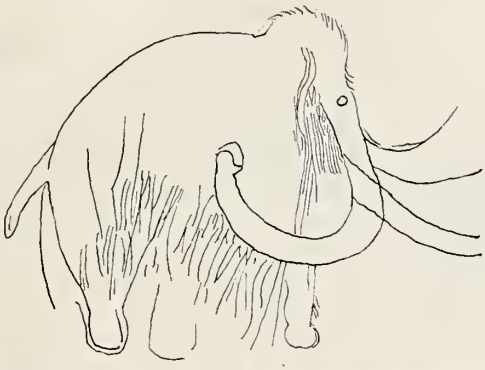


Fig. 6. — Grotte des Combarelles. Mammouth (MM. Capitan et Breuil).

J'appelle l'attention sur le bovidé à crinière (1). L'artiste a-t-il voulu figurer une sorte de longe ou de licol? Il est difficile soit de l'affirmer, soit de le nier. La conclusion

Fig 7. — Grotte des Combarelles. Renne courant (MM. Capitan et Breuil).

affirmative serait une preuve de plus en faveur de la domestication de certains animaux.

(1) Capitan, *l. c.*, fig. 9.

Toute une série de têtes n'a pu encore être identifiée. En est-il dans ce nombre qui appartiennent aux carnassiers ? Cela est possible mais bien incertain, et en général dans la grotte des Combarelles, comme dans les autres, les espèces représentées sont destinées à la nourriture de l'homme (fig. 6 et 7). C'est un témoignage de la reconnaissance de son estomac.

M. Capitan a cru aussi reconnaître une tête humaine ; elle est si grossièrement représentée qu'il est difficile de se prononcer avec quelque sécurité.

Certains signes ont un aspect tectiforme ; ils sont triangulaires avec des barres intérieures et souvent un fronton. On les trouve gravés sur les parois, sur le corps des animaux eux-mêmes. Avaient-ils la même signification à l'époque où l'artiste les traçait que celle que nous leur donnons aujourd'hui ? Dans tous les cas, ils méritent une étude particulière. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

La grotte de Font de Gaume se trouve dans une petite vallée qui débouche dans celle de la Benne. Elle s'ouvre sur le flanc de la colline par deux ouvertures assez larges. Celle de gauche se rétrécit rapidement. C'était un repaire d'ours ; il finit en cul-de-sac. Celle de droite suit en serpentant le flanc de la colline et débouche dans une grande salle de 46 mètres de longueur sur 2 à 3 mètres de largeur et 5 à 6 de hauteur. C'est sur les parois de cette salle et dans les petits diverticules y attenants que sont gravées ou peintes la plupart des figures relevées par le Dr Capitan et souvent amoncelées dans des espaces trop étroits (1). Les dimensions de ces figures sont très variables. Un grand bison mesure jusqu'à $2^{m},70$. Certains signes tectiformes semblables à ceux des Combarelles ne dépassent pas $0^{m},20$. D'autres fois, il n'y a qu'un trait assez large de peinture rouge ou noire indiquant les contours de

(1) 86 figures environ sont fort nettes, bien que recouvertes par un glacis stalagmitique. Parmi elles se trouvent 49 bovidés, 4 rennes, 4 équidés, 3 antilopes, 2 mammouths.

Grotte de Font de Gaume

Fig. 8. — Rennes affrontés ($2^m,10$ de longueur sur $1^m,30$ de hauteur), d'après MM. Capitan et Breuil.

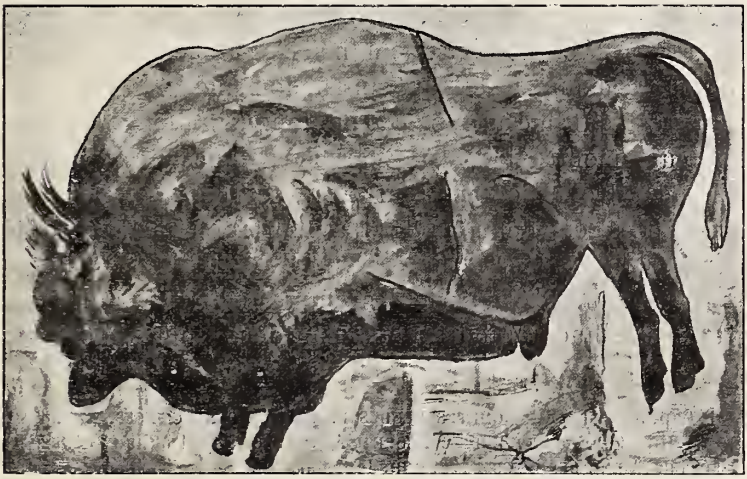


Fig. 9. — Bison gravé et peint ($1^m,50$ de longueur sur $1^m,25$ de hauteur), d'après MM. Capitan et Breuil.

l'animal ou bien des contours remplis par une large teinte plate habilement nuancée à l'aide d'un mélange d'ocre rouge et de noir de manganèse. Certains bovidés ont la tête et l'extrémité des pieds bruns et le corps rouge, d'autres sont bruns foncés avec la tête rouge ; d'autres encore présentent des parties noires. Parfois, des grattages de la roche crétacée de couleur jaune accentuent les contours et les font mieux ressortir (1).

Les teintes sont nettement appliquées sans bavures sur les bords. Nous sommes en présence d'une tout autre école que celle que nous avons vue aux Combarelles ou dans nos autres grottes du midi.

Les couleurs employées par les troglodytes de Font de Gaume, dont M. Moissan a bien voulu faire l'analyse, étaient des ocres formées d'oxydes de fer et de manganèse (2).

Il faut admirer l'exactitude du dessin des animaux ; les deux rennes affrontés (fig. 8) avec leurs andouillers digités si caractéristiques méritent d'être cités. Le bison que M. Capitan reproduit est très soigneusement dessiné, dit-il, le trait est fin, peu profond mais extrêmement correct (fig. 9). Le mammouth gravé sur l'abdomen d'un des bovidés (fig. 10), qui mesure $0^m,35$ de longueur sur $0^m,25$ de hauteur, montre les traits caractéristiques de l'espèce ; son haut front montant tout droit, ses énormes défenses recourbées en demi-cercle, sa fourrure à longs poils traînant jusqu'à terre (fig. 11).

Nous avons déjà parlé des signes tectiformes que l'on trouve presque toujours deux par deux soit gravés soit

(1) Capitan et Breuil, COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES, sept. 1901 et 16 juin 1902. — REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTHR., oct. 1901 et janv. 1902. — BULL. DE L'ACAD. DES INSCR., 1903, pp. 116, 117, 150.

(2) L'examen chimique des matières colorantes provenant des stations préhistoriques du Périgord a également été fait par G. Curty (BULL. SOC. ANTHR., 18 déc. 1902). Le colorant noir de l'abri de Laugerie renferme 97 % de manganèse ; le colorant rouge est un sesquioxyde de fer contenant quelques particules de carbonate de chaux.

Grotte de Font de Gaume

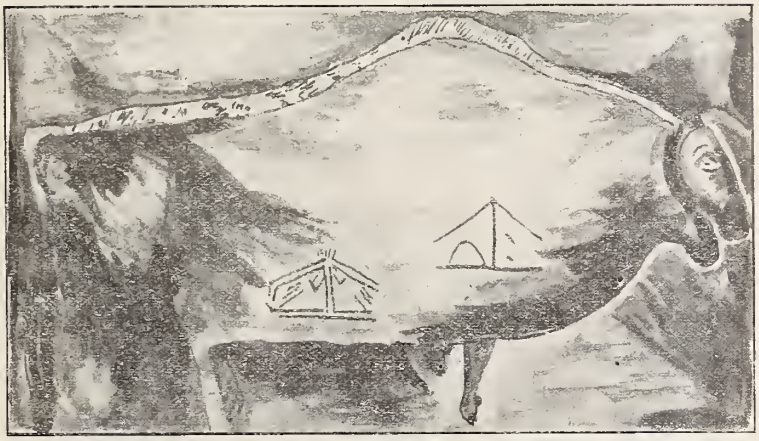


Fig. 10. — Bovidé avec signes tectiformes sur l'abdomen ($2^m,70$ sur $1^m,30$), d'après MM. Capitan et Breuil.

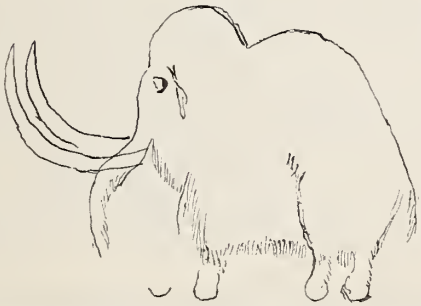


Fig. 11. — Mammouth gravé sur l'abdomen du bovidé, fig. 10 (30 centim. sur 25), d'après MM. Capitan et Breuil.

peints. Ils ont très nombreux à Font de Gaume, mais leur nombre ne saurait nous éclairer sur leur signification. Leur forme semble les rapprocher de nos toits modernes. Cette ressemblance explique le nom qui leur a été donné. Ce n'est pas sans hésitation que j'émets cette pensée, tant elle est contraire à tout ce que nous savions, tant elle paraît au-dessus des forces et des aptitudes des troglodytes dont les seuls outils, il faut toujours le répéter, étaient quelques misérables cailloux grossièrement apointés.

Ces figures, si remarquables pour l'époque et les conditions de leur exécution, se rencontrent toujours au fond des cavernes, dans des parties absolument obscures, où il est impossible de les voir sans un moyen d'éclairage. Quel était ce moyen ? Il est assez difficile de le dire. C'est un point que je me réserve de traiter, quand j'aurai achevé l'étude de toutes ces grottes ; peut-être l'une d'elles nous mettra-t-elle sur la voie d'une solution plausible.

Bernifal est la dernière des grottes découvertes jusqu'à présent aux environs des Eyziès. Les recherches ont été difficiles et dangereuses et font grand honneur aux vaillants explorateurs qui les ont entreprises (1).

A 500 mètres environ de la route, au milieu d'un taillis épais, s'ouvre un orifice fort étroit, difficile à découvrir ; son diamètre peut varier entre soixante et quatre-vingts centimètres. Il faut s'y laisser glisser à l'aide d'une corde ; à une profondeur de $1^{m},60$, une corniche, peu après un second puits. L'obscurité est complète, on descend toujours à la corde pour pénétrer ainsi par un trou dans le plafond d'une des salles. C'est même aujourd'hui le seul moyen d'y pénétrer, l'ancienne entrée étant complètement obstruée par les terres et les éboulis accumulés par les siècles.

La grotte, nous dit Capitan, renferme trois grandes

(1) Dr Capitan, abbé Breuil, Peyroni. *Les Figures gravées à l'époque paléolithique sur les parois de la grotte de Bernifal* (Dordogne). BULL. DE L'ACAD. DES INSCR., 1903, pp. 215, 219.

salles réunies par des couloirs. La première est la plus vaste ; elle mesure 22 mètres de longueur sur 8 de largeur, et une hauteur moyenne de 4 à 5 mètres. Elle communique par un couloir étroit avec une seconde salle de 5 mètres de largeur sur 12 de longueur et une hauteur variant de 5 à 8 mètres. Un nouveau corridor de 3 mètres de largeur sur une longueur de 15 mètres conduit dans une dernière salle de 6 mètres de largeur sur 24 mètres de longueur. Aux deux extrémités de la grotte, ajoute le docteur qui nous sert de guide, des corridors remplis de terre montrent que cette grotte se prolongeait dans les deux sens et que des fouilles dirigées avec le même soin et la même intelligence que celles que nous venons de décrire révéleraient de nouvelles richesses, mais, il faut le répéter, l'obscurité complète impose de trop grandes difficultés.

Ces figures se rencontrent surtout dans la seconde salle, où l'enduit stalagmitique paraît moins épais. Elles sont assez profondément gravées dans la roche. Notre vaillant explorateur a pu reconnaître les signes tectiformes dont nous avons si souvent parlé. Ils sont même plus nombreux à Bernifal que dans les autres grottes. Le Dr Capitan en cite qu'il croit destinés à figurer une hutte, ce dont nous ne pouvons que lui laisser la responsabilité, en nous abritant sous sa grande et légitime autorité. Plus loin, il signale une jolie tête de renne ; le départ des bois est indiqué, mais les extrémités se perdent dans la stalactite très dure ; d'autres images sont perdues dans cette même stalactite et restent indéchiffrables.

De l'autre côté de la salle, sur le mur d'un étroit diverticule se trouve un panneau portant quatre figures : un équidé qui, pour le Dr Capitan, rappelle l'hémione, mieux encore le kirtag ou le tarpan, le cheval sauvage de la Mongolie ; derrière cet équidé, on croit reconnaître une chèvre ou un chamois. Plus bas, un grand signe triangulaire que nous ne prétendons pas interpréter,

à droite un petit cheval avec traits à l'ocre rouge et au manganèse. La technique de cet animal, qui semble dater d'une autre époque, dit notre savant guide, est curieuse et bien différente de celle des animaux relevés à Bernifal (fig. 12).

En revenant vers l'entrée de la grotte, on remarque la silhouette d'un éléphant cachée en partie par la stalactite ;

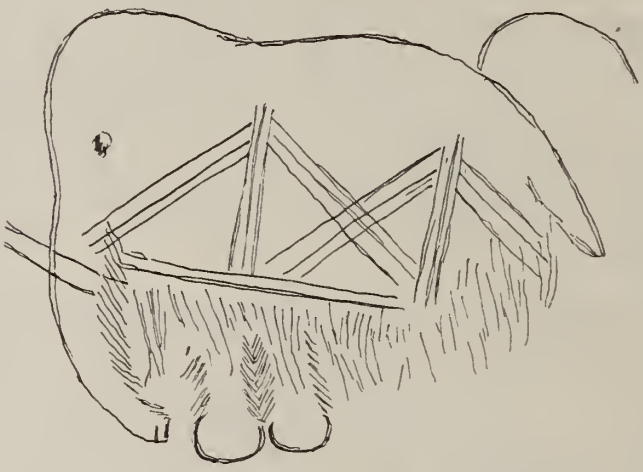


Fig. 12 — Grotte de Bernifal. Mammouth avec signes tectiformes sur le corps.

on peut reconnaître le haut front bombé, le petit œil, la trompe, les défenses longues et recourbées ; la queue est très visible. Les larges pieds sont en partie cachés. Derrière l'éléphant est un mammouth semblable à celui de Font de Gaume ; plus bas, un bison dont la tête disparaît sous la stalactite. Il est caractérisé par sa bosse graisseuse, son fanon très développé, sa grosse tête, ses courtes cornes. Enfin, nous dit le Dr Capitan, une jolie tête d'antilope ; elle porte derrière l'oreille et dans l'œil des taches de peinture noire rappelant l'antilope saïga dont nous avons déjà rencontré un exemple et qui habite aujourd'hui les froides régions de la Sibérie.

La grotte de Teyjat (1) est située dans le département de la Dordogne entre Nontron et Angoulême, à une petite distance des grottes groupées autour des Eyziès avec qui elle présente un incontestable air de famille. Évidemment, c'étaient des ouvriers vivant à la même époque et dans les mêmes conditions, travaillant avec les mêmes silex qui avaient représenté les animaux que nous voyons. Ici aussi, ces animaux étaient presqu'exclusivement utiles à la nourriture de l'homme et l'hypothèse de Salomon Reinach est de nouveau justifiée. On ne voit, comme dans les grottes des Eyziès, ni oiseaux, ni petits mammifères. Nos troglodytes avaient de plus robustes appétits.

La grotte de Teyjat était connue depuis longtemps. Dès 1889, M. Perrier du Carne avait recueilli dans une fouille exécutée en pleins foyers préhistoriques, des silex magdaléniens et cinq remarquables gravures sur os représentant des chevaux et des bisons (2).

Cette grotte s'ouvre dans le village même, tout près de l'école des garçons. L'entrée presque complètement obstruée par des éboulis ne mesure guère que $0^m,80$ sur $0^m,50$. Ce fut à peu près au même endroit où M. Perrier du Carne avait exécuté ses fouilles que le Dr Capitan reconnut, après un lavage sérieux, toute une série de gravures analogues à celles des cavernes déjà connues, mais, ajoute notre savant confrère à qui nous devons tant de remarquables découvertes, « plus fines et tracées d'un trait ferme et avec une incomparable habileté ».

Ce sont des bovidés soigneusement gravés et d'un fort joli dessin — les cornes sont très incurvées, les pieds finement dessinés — et un équidé avec la grosse tête et tous les traits caractéristiques du cheval quaternaire. Devant ce

(1) *Une Nouvelle Grotte à parois gravées de l'époque préhistorique. La Grotte de Teyjat (Dordogne)* par MM. le Dr Capitan, l'abbé Breuil et Peyroni. REVUE. DE L'ÉCOLE D'ANTHR., oct. 1903.

(2) Perrier du Carne, *La Grotte de Teyjat, gravures magdaléniennes.* Paris, 1889.

cheval, on a placé un renne très typique mesurant $0^m,30$ de longueur sur $0^m,22$ de hauteur.

Un petit équidé représenté en marche mérite une plus longue description. La crinière est courte, la queue glabre, la tête très petite comme nous l'avons remarqué dans d'autres grottes. Les troglodytes, si vieux que nous les supposions, savaient déjà distinguer les races chevalines et reconnaître les services qu'ils pouvaient en attendre.

D'autres figures à moitié recouvertes par la stalagmite ont déjà été entrevues. Nous comptons que le Dr Capitan achèvera ses succès et que la grotte de Teyjat deviendra un des brillants fleurons de sa couronne.

D'autres grottes, sans avoir l'importance de celles que nous venons de décrire, ne doivent cependant pas être omises. Un instituteur de Saint-Just (Ardèche), M. Chiron, indiquait, en 1878, une grotte auprès d'Aiguièze (Gard), sur les bords de l'Ardèche qui portait gravés sur ses parois plusieurs animaux parmi lesquels un certain nombre de mammouths. M. Chiron les avait photographiés et pour ne pas perdre le bénéfice de sa découverte, il en avait fait le sujet d'une communication à la Société d'Anthropologie de Lyon (1). Sur une des parois, il lui avait semblé voir un homme les bras étendus le long du corps, les jambes écartées ; sur l'autre, un arc tendu et des oiseaux volant autour. D'autres anthropologistes avaient accepté cette opinion. Sans me prononcer, n'ayant jamais visité la grotte Chabot, j'ajouterai seulement que le Dr Capitan, dont la compétence est connue, parle seulement de mammouths et d'équidés, des foyers des troglodytes et des silex qui avaient été leurs outils et ne fait aucune mention d'une représentation humaine. Ajoutons aussi que ces représentations sont fort rares, si même il en existe.

La grotte de Pair non Pair dans la commune de Marcamps (Gironde) a été découverte vers 1883 par M. Da-

(1) *Le Magdalénien du Vivarais*, 1893. — Dr Capitan, *La Grotte des Combarelles.*

leau. Pendant de longues années, il l'a étudiée avec une admirable persévérance, mais avec un dédain profond de la réclame si nécessaire aujourd'hui à la vulgarisation et au succès ! Le rocher, nous dit-il, est mal éclairé, humide, peu dur, les creux sont à peu près remplis de terre détrempée rendant le travail très pénible. Son but principal était de recueillir des objets pour sa collection.

La superficie de la grotte est petite, elle fut complètement vidée et une forte pompe vigoureusement employée mit au jour les gravures qu'elle renfermait. Les animaux sont figurés au trait avec quelques lignes rouges accentuant les contours. M. Cartailhac vit en 1893, dit-il, ce remarquable musée à Bourg de Gironde : « c'est un Musée qui, par le testament de M. Daleau, appartient aujourd'hui, dit-il, à la ville de Bordeaux; son triste local et le chaos où on le laisse sont indignes d'une grande ville » (1). Espérons qu'il se trouvera un anthropologiste pour reprendre et continuer l'œuvre de M. Daleau.

La grotte de Marsoulas dans la Haute-Garonne, mérite à raison de son importance une plus longue description (fig. 13). En 1897, un habile et zélé anthropologiste de Toulouse remarqua le premier des marques rouges, des signes probablement accompagnés de deux têtes d'animaux.

D'autres savants vinrent à leur tour, ils acceptaient l'authenticité des gravures, mais ils étaient loin d'être d'accord sur leur ancienneté. Un archéologue bien connu dans le midi, l'abbé Cau-Durban entreprit des fouilles durant les années 1883 et 1884 ; mais elles restèrent superficielles. Il mit au jour d'anciens foyers superposés, il recueillit de nombreux silex taillés, des outils en os, pointes de flèche, aiguilles, poinçons finement travaillés et, dans un foyer inférieur, un fragment de côte portant une remarquable figure d'aurochs (?). M. Regnault avait

(1) ANTHROPOLOGIE, 1902, pp. 548 et suiv.

Fig. 13. — Grotte de Marsoulas. Ouverture, d'après une photographie de M. F. Regnault.

prié M. Cartailhac de venir à Marsoulas. Il y vint le 4 août 1902 après sa visite à Altamira et à Pair non Pair, pénétra en rampant jusqu'au fond de la grotte, découvrit dans sa visite de nouveaux dessins et revint pleinement convaincu qu'ils étaient de la même nature et de la même origine que les animaux des grottes de la Dordogne (1).

La victoire de M. Regnault était complète. Ainsi encouragé, il se remit activement à l'œuvre avec une science sûre d'elle-même. Les subsides si nécessaires arri-

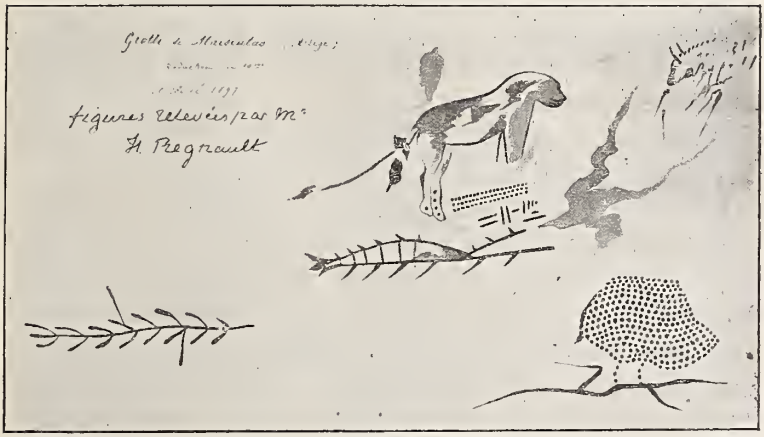


Fig. 14. — Grotte de Marsoulas. Premières figures relevées par M. F. Regnault.

vèrent. Cette année même, les travaux vont reprendre et tout permet d'espérer de fructueux résultats. La grotte, dit M. Regnault, située à 4 kilomètres de Salies de Salat, est formée par une faille de 53 à 60 mètres de longueur, qui coupe perpendiculairement le massif calcaire et s'étend le long du Salat formant çà et là de petites cavités longtemps usitées par les troglodytes qui y trouvaient un excellent terrain de chasse et de pêche (2).

(1) Regnault, *note Ms.* — Cartailhac, *Note sur les dessins préh. de la grotte de Marsoulas.* BULL. DE L'ACAD. DES INSCR., 1902, p. 480.

(2) La grotte elle-même n'a que 30 à 40 mètres de longueur sur 3 à 4 mètres de largeur. *L. de M. Regnault* du 22 janv. 1903.

Les fouilles sont dangereuses et doivent être surveillées avec soin. Une désagrégation lente se produit, la voûte de la caverne s'effrite peu à peu et de gros blocs roulent sur le sol. Mais le danger n'est pas de nature à arrêter nos vaillants anthropologistes. Quelques travaux de consolidation empêcheront les progrès du mal et permettront certainement la reprise prochaine des fouilles.

Déjà M. Regnault a pu reconnaître que les gravures de Marsoulas, qui commencent à environ 20 mètres de l'entrée de la grotte, forment trois catégories distinctes : 1° dessins d'animaux à l'ocre rouge rehaussés en noir ; 2° dessins d'animaux burinés dans la roche ; 3° dessins burinés et combinés par l'artiste avec les reliefs ou les creux de la roche, imitant dans une certaine mesure ceux de l'animal qu'il voulait représenter (fig. 14).

De récentes visites à Marsoulas, ajoute M. Regnault, m'ont prouvé que cette caverne renferme encore nombre de gravures d'animaux et aussi des graffiti, des traits géométriques peints à la sanguine qu'il convient de relever avec soin. Peut-être sont-ils la dernière trace d'une écriture primitive. Laissons la responsabilité de cette assertion à notre savant correspondant. Elle n'a rien d'impossible ; les hommes, qui reproduisaient avec tant de talent les animaux qui erraient autour d'eux, pouvaient bien connaître un moyen plus simple et plus pratique de communiquer leurs pensées. C'est là un secret que l'avenir nous révélera peut-être.

III

Les figures peintes ou gravées dans les cavernes soulèvent de nombreux problèmes dont la plupart restent encore insolubles. Et d'abord sont-elles toutes de la même époque, et quelle est cette époque ? A la première question je n'hésite pas à répondre affirmativement. Partout, dans

les cavernes que nous connaissons, les animaux sont les mêmes, l'exécution, le facies sont les mêmes ; ils sont gravés avec les mêmes silex grossièrement apointés. Toujours le fer, le cuivre étaient inconnus ou, du moins, ils n'étaient pas employés. Quelques-uns des animaux, le mammouth par exemple, si nombreux dans les représentations des cavernes, ont disparu ; d'autres, le renne, l'antilope saïga, ne vivent plus dans nos climats. Tous ces faits se rapportent aux temps quaternaires et, pour mieux préciser, à l'époque à laquelle nous donnons le nom de *l'époque du renne*. C'est dans ces temps que vivaient très probablement les hommes qui exécutaient les gravures que nous venons de signaler.

J'éprouve cependant quelque hésitation à me prononcer aussi nettement, car jusqu'à présent rien ne permettait de faire remonter au quaternaire la domestication des animaux. Comment expliquer autrement l'équidé portant un chevêtre, le cheval avec une couverture, le bovidé à crinière ayant une sorte de longe ou de licol, que nous voyons sur les parois de la grotte des Combarelles (1) ?

On pourrait multiplier ces exemples et il faut admettre que quelques-unes des peuplades qui habitaient le midi de la France savaient utiliser les animaux qui vivaient autour d'eux, les chevaux et les bovidés par exemple.

Mais les tentatives artistiques qui nous remplissent d'étonnement et souvent d'admiration, étant données les conditions où elles ont été exécutées, n'indiquaient certainement pas les débuts de l'art chez le troglodyte. Elles ont dû être précédées par des essais, par des tâtonnements et, comme l'a si bien dit S. Reinach, par un enseignement que les gravures elles-mêmes révèlent par leur faire, leur mode d'exécution présentant une indéniable ressemblance et paraissant même quelquefois, si le mot n'est pas trop ambitieux, se rattacher à des écoles différentes.

(1) Capitan et Breuil, REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTHR., pp. 40 et 41, janv. 1901.

Presque toutes les cavernes à figures peintes montrent gravés sur leurs parois, souvent même sur le corps des animaux, des motifs d'architecture auxquels nos anthropologistes ont donné le nom de signes *tectiformes* et qui semblent se rapporter à de véritables habitations. Un de ces signes que j'ai relevés dans la grotte de Font de Gaume (1) indique clairement une porte, et deux autres signes peuvent sans trop d'exagération figurer des fenêtres. « Une large surface du rocher, donnant des saillies reproduisant à peu près les formes du corps du bœuf, a été circonscrite à la partie supérieure par un fort raclage puis entièrement barbouillée d'une teinte d'ocre rouge bien nuancée, plus foncée à la partie antérieure du corps de l'animal dont la tête est assez mal rendue. Sur le corps, on peut voir deux larges signes tectiformes peints à l'ocre rouge presque pure et qui ressemblent beaucoup à des figurations de huttes ou de tentes. »

M. Rivière est peut-être plus explicite encore. Il cite dans la grotte de la Mouthe un dessin gravé ou mieux strié dont les traits extrêmement fins et superficiels très rapprochés les uns des autres sont recouverts d'une teinte ocreuse brun foncé. Il semble représenter une hutte vue de trois quarts qui offre une certaine analogie avec les huttes que l'on rencontre actuellement dans les charbonnières de nos forêts (2).

Si nous acceptons ces hypothèses, nos ancêtres, les contemporains du mammouth et de l'aurochs, si barbares que nous les supposions, savaient non seulement peindre les animaux que nous voyons sur les parois des cavernes, les seules habitations fixes que nous leur connaissions jusqu'ici, mais ils avaient même appris à domestiquer ces animaux et à utiliser au besoin leurs services, peut-être même à remplacer par des huttes les cavernes où il fallait

(1) Capitan, Comptes rendus de l'Acad des Inscr , 1903, tirage à part, p 10.
(2) Comptes rendus de l'Acad. des Inscr., 1903.

souvent accéder avec les plus grandes difficultés, parcourant de longues distances en rampant sur le ventre et cela dans l'obscurité la plus complète. Nos explorateurs en effet ont rencontré bien rarement des engins, si grossiers qu'ils fussent, pouvant servir à l'éclairage.

M. Rivière, qui le premier nous a fait connaître les grottes aux parois peintes, a trouvé à une vingtaine de mètres de l'entrée de celle de la Mouthe une lampe préhistorique taillée dans un des cailloux permo-houillers, qui se trouvent en abondance dans le bassin de Brives. Par une particularité curieuse, cette lampe présente, sur sa face externe, une tête de bouquetin aux longues cornes recourbées en arrière. Ce dessin, ajoute M. Rivière, est la reproduction du bouquetin gravé sur la paroi droite de la grotte à 113 mètres de l'entrée (1).

Cette lampe renfermait des résidus charbonneux semblables, nous dit M. Berthelot (2), à ceux que laisserait la combustion d'un corps gras, le suif ou le lard par exemple. La graisse permettait d'imbiber une mèche de mousse qui pouvait brûler longtemps. Nos troglodytes se servaient sans doute aussi de torches de bois résineux. Si nous ne trouvons pas aujourd'hui de trace des fumées qu'avaient dû émettre ces divers modes d'éclairage, M. Moissan répond avec raison que les charbons végétaux s'oxydent et disparaissent rapidement. Sur d'autres points, le ruissellement a pu produire le même effet (3).

A ces problèmes viennent s'en ajouter d'autres dont l'avenir donnera une solution plus complète. Le nombre des cavernes peintes sera sûrement dépassé par les découvertes nouvelles. Nos vaillants anthropologistes ne sauraient s'arrêter dans la voie qu'ils ont si brillamment parcourue.

(1) On connaît au moins trois exemples de ces lampes de pierre. Rivière, *Les Lampes préh. en grès* BULL. ET MÉM. SOC. ANTHR. DE PARIS, t. I, p. 67. — *Les Parois gravées et peintes de la grotte de la Mouthe.* Paris, 1903.

(2) COMPTES RENDUS DE L'ACAD DES SCIENCES, 30 sept. 1901.

(3) Capitan et Breuil, *Les Figures peintes sur les parois de la grotte de Font de Gaume.* ACAD. DES INSCR., 1903.

Les recherches devront s'étendre sur des pays, sur des continents nouveaux. Déjà M. Walther Roth constatait en 1899 à Chasme Island, dans le golfe de Carpentaria, des dessins exécutés sur un fond d'ocre rouge et d'autres tracés en esquisse sur la surface rocheuse (1). Les couleurs employées étaient le rouge et le blanc et parmi les animaux figurent le dugon, le marsouin, des tortues, des requins, des holothuries, animaux qui servent tous à la nourriture des nègres. Le plus grand nombre de ces peintures sont tracées sur les voûtes surbaissées des cavernes par des artistes couchés sur le dos (2). C'est une ressemblance de plus avec nos troglodytes que les dispositions des grottes forçaient à exécuter leurs dessins dans les positions les plus incommodes (3).

La ressemblance devient plus intéressante encore, si comme le remarquent nos savants maîtres, Cartailhac, Salomon Reinach, Capitan, c'est aussi des animaux utiles à la nourriture de l'homme qu'ils retraçaient les images : mammouths, chevaux, bisons, bovidés de toute sorte, antilopes, bouquetins, rennes, élans (4). La reconnaissance conduit partout l'homme au culte. Toujours et partout, il a senti le besoin d'avoir au-dessus de lui un protecteur ; c'est la grande loi de la vie, que nous trouvons chez tous les peuples, chez toutes les races. C'est la loi qui domine l'humanité même la plus dégradée, et la reproduction de l'image de l'animal était peut-être dans la pensée de l'homme une expression de la reconnaissance. C'est là une hypothèse, du moins est-elle plausible !

Mis DE NADAILLAC.

(1) NORTH QUEENSLAND ETHNOGRAPHY BULL., 4 mars 1902.
(2) « Lying on their backs », dit M. Roth.
(3) Hamy, *Observations sur les gravures et peintures de la grotte de Font de Gaume.* ACAD. DES INSCR., 1903, p. 130.
(4) Capitan et Breuil, *l. c.*, p. 17.

LES

TEMPÉRATURES THERMODYNAMIQUES

ET LE

ZÉRO ABSOLU (1)

Joseph Bertrand se demande quelque part, dans sa *Thermodynamique*, ce qu'est le courant électrique et il répond aussitôt, par une de ces formules à l'emporte-pièce, dont il était coutumier et qui se burinent dans les esprits : « Nul ne le sait et bien peu croient le savoir. »

Plus loin, il développe encore la même pensée en disant : « Savons-nous mieux ce qui se passe dans tout phénomène physique ? Qu'est-ce que la chaleur ? Quel est le mécanisme de la pression des gaz ? Notre ignorance est-elle moindre sur ces divers points ? »

Bertrand a dû se demander aussi ce qu'est le zéro absolu, mais question et réponse ne sont pas sorties de sa plume ; il n'était assurément pas de ceux qui croient le savoir, car, parlant de la température absolue, il dit négligemment que l'expression est sans importance et que l'emploi du symbole qui la représente n'a d'autre avantage que de simplifier les formules.

Hirn était moins sceptique : pour le maître alsacien, auquel la thermodynamique est redevable de tant de

(1) Conférence faite à Bruxelles, le 13 avril 1904, à l'assemblée générale de la Société scientifique.

progrès, la température absolue n'est pas simplement un être hypothétique, non plus que son zéro, alors même que celui-ci ne puisse être constaté directement. Un doute sur la réalité des chiffres qui énoncent les températures absolues conduirait, dit-il, à remettre en question toutes les conséquences les plus solidement établies de la science de la chaleur : peut-on s'y arrêter ?

Et pourtant de très sérieuses objections avaient été présentées contre l'existence du zéro absolu. Des savants autorisés déclaraient qu'il paraît contradictoire de supposer un corps à une température nulle ; d'autres affirmaient catégoriquement qu'il n'y a pas de zéro absolu et qu'il est même absurde d'y croire. Ces opinions étaient appuyées sur le grand savoir de ceux qui les énonçaient et sur des arguments de haute valeur.

Pour concilier ces manières de voir si divergentes, sans abandonner aucun principe essentiel, et sans soumettre à un doute périlleux tout ce qui est acquis, il semble qu'il suffirait de considérer le point de départ des températures thermodynamiques comme une limite, vers laquelle tendent les basses températures et dont on peut s'approcher indéfiniment, sans que toutefois on l'atteigne jamais. C'est l'idée à laquelle plusieurs savants ont demandé la solution de cet intéressant problème ; elle consacre la réalité des températures absolues, tout en faisant la part des objections élevées contre une température nulle : nous la développerons dans cette étude.

Mais, pour élucider complètement cette grave question, il est nécessaire de la reprendre de haut et de remonter à l'origine de nos jugements sur la chaleur.

Nous le ferons brièvement.

C'est le sens du toucher qui nous fournit la première notion du chaud ; l'expérience nous fait constater qu'il y a autour de nous des corps plus chauds et d'autres moins chauds que nous. Nous partageons de la sorte les corps ambiants en deux catégories, dans lesquelles il est encore

possible d'établir une gradation du tiède au chaud et au brûlant, d'une part, et de l'autre du froid au glacé, suivant l'impression plus ou moins vive ressentie. L'éducation de ce sens peut être faite à cet égard et quelques personnes ont acquis une grande sensibilité et une précision inattendue. De temps immémorial, et à l'exemple de Galien, leur maître, les médecins diagnostiquent sûrement l'état de leurs malades en leur tâtant les mains, pour en apprécier la chaleur, et un membre éminent de l'Académie de Médecine préconisait naguère l'emploi de ce « thermomètre vivant et sensible que nous a donné la divine nature » (1).

Mais on peut atteindre plus facilement à la précision, n'en déplaise à nos vieux médecins, en appelant un autre sens, celui de la vue, au secours du toucher. En effet, lorsque deux corps inégalement chauds sont mis en contact, le plus chaud diminue de volume, dans l'immense majorité des cas, alors que l'autre se dilate, et nous *voyons* qu'ils tendent vers un état d'équilibre, dans lequel ils n'éprouveront plus aucune variation de volume. Ils sont alors devenus également chauds tous les deux.

On décrit ce phénomène en disant que le corps le plus chaud a cédé une partie de la chaleur qu'il possédait à celui qui était le moins chaud, par voie d'échange, la chaleur gagnée étant égale à la chaleur perdue : ce commentaire du fait repose sur le principe de la conservation du calorique dans sa transmission par conduction, principe dont il est possible de donner une démonstration expérimentale rigoureuse en mesurant les quantités de chaleur échangées.

C'est qu'en effet ces quantités sont mesurables : elles peuvent être exprimées par des nombres. Inutile pour cela

(1) Ce qui séduisait les praticiens, c'est qu'ils observaient à la main la nature de la chaleur des fébricitants aussi bien que son intensité; ils distinguaient entre la chaleur moite, sèche, ardente, désagréable, âcre, mordante, mordicante, corrodante, septique, halitueuse, etc., adjectifs variés que nous nous garderons bien de vouloir définir et qui ne se trouvent même pas tous dans le dictionnaire.

de rien préjuger relativement à la nature de la chaleur ; il suffit de prendre pour unité la quantité absorbée par un corps déterminé dans une transformation définie, telle que serait par exemple la fusion d'un kilogramme de glace ou l'échauffement d'un kilogramme d'eau entre des limites nettement circonscrites. La calorimétrie repose donc sur le choix d'un corps calorimétrique et d'une transformation thermique. La quantité de chaleur est ainsi une grandeur susceptible d'addition et de multiplication ; nous avons la notion de quantités égales ou doubles ou triples les unes des autres ; on peut égaler la chaleur mise en œuvre dans une opération à celle qui est disponible dans des phénomènes différents.

Nous n'en dirons pas autant de l'état de chaud apprécié comme nous l'avons dit.

Cet état caractérise l'intensité du phénomène thermique.

Les physiciens ont fait correspondre à cette notion une grandeur qu'ils ont dénommée la *température*. Deux corps inégalement chauds sont dits à des températures différentes ; celles-ci tendent à s'égaliser par conduction. La température nous apparaît donc expérimentalement comme un facteur d'action, dont le caractère est de tendre vers l'équilibre par l'uniformité : cette constatation est importante, mais elle nous permet seulement de comparer et de classer les températures. Nous reconnaissons que deux corps ont des températures égales ou inégales et qu'ils sont aussi chauds, ou bien plus ou moins chauds qu'un troisième : mais rien ne nous permet de juger qu'un corps est deux fois plus chaud qu'un autre ou qu'un corps A est aussi chaud que l'ensemble de deux autres corps B et C. La température n'est donc pas *à priori* une grandeur susceptible d'addition ou de multiplication : elle n'est pas mesurable.

Toutefois l'observation précise des dilatations ou des contractions qui accompagnent les variations de température a permis de noter leurs écarts et de définir

l'amplitude de ces écarts. Nous ne savons si c'est l'illustre Galilée ou bien le physicien Drebbel, le chimiste Van Helmont, le médecin Sanctorius ou bien le moine Fra Paolo qui ont inventé ces indicateurs de température, qu'on a appelés tour à tour *perpetuum mobile*, *calendare vitrum*, *caloris mensor* et enfin thermomètres et thermoscopes : ce qui est sûr, c'est que ce dernier nom leur convenait mieux que tout autre. L'instrument fameux de Messieurs de l'Académie *del Cimento* de Florence (1) qui était déjà plus perfectionné, ne donnait lui-même pas encore de valeurs comparables et si Antinori n'avait eu la bonne fortune de retrouver chez un marchand de vieux objets, en 1829, une collection de ces fameux tubes à alcool, nous n'aurions pas le moyen de transposer aujourd'hui en fonction de la température les nombreuses observations météorologiques qui nous ont été transmises par le grand-duc Ferdinand de Toscane. L'arbitraire régnait dans la confection des échelles et chaque physicien se construisait un instrument à son usage, ainsi que cela ressort à l'évidence d'une lettre écrite le 1er janvier 1630 par Jean Rey au P. Mersenne : « Il y a diversité de thermoscopes, à ce que je vois, disait-il ; ce que vous me dites du vôtre ne peut convenir au mien... : pour m'en servir, je le mets au soleil et parfois à la main d'un fébricitant... : la chaleur dilatant l'eau qu'elle fait monter, le plus ou le moins m'indique la chaleur grande ou petite » (2). Bayle et Newton proposèrent de prendre des points fixes dans les températures de fusion de la glace, du beurre, du plomb et de certains alliages déterminés et ils préparèrent la voie à Réaumur, Celsius et Fahrenheit, dont les échelles sont encore en usage aujourd'hui. Comment ceux-ci ont-ils procédé ? Ils

(1) Libri a démontré que le zéro des académiciens de Florence correspondait environ à — 15° Réaumur, et le point 50 à 44 degrés de la même échelle. Voir, à ce sujet, *Geschichte der Physik*, par Poggendorff, p. 382 ; Leipzig, 1879.

(2) *Histoire de la physique et de la chimie*, par Ferdinand Hæfer, p. 115 ; Paris, 1872.

ont adopté quelques substances thermométriques plus convenables et ils se sont donné des origines fixes d'échelles et des points de comparaison bien définis. C'est ainsi qu'ils ont constitué des instruments qui permettent de relever les températures au moyen de degrés successifs équidistants, tracés entre des limites connues, et établissant un ordre déterminé de températures croissantes et décroissantes. C'est le thermomètre.

Le thermomètre définit la température par des nombres, et nous savons exactement quel est le même état de chaud, c'est-à-dire la même intensité de chaleur, qui correspond à 50 degrés centigrades, 40° Réaumur et 122° Fahrenheit. On peut faire ainsi une sorte d'arithmétique du thermomètre, qui donne l'illusion de mesures réelles ; mais ce n'est qu'une illusion, car, en dépit de l'étymologie de son nom, le thermomètre n'est point un instrument de mesure, mais seulement un appareil de repère. Il n'indique que des divisions d'échelle, sur une graduation obtenue en partageant en parties égales l'intervalle correspondant à deux points plus facilement comparables : il n'évoque aucune idée d'unité de température proprement dite. Nous pouvons dire qu'une température déterminée est à une distance deux fois plus longue de l'origine qu'une autre, mais non pas que cette température est deux fois plus grande que l'autre : la température de 100° centigrades n'est pas double de 50°, pas plus que 100° Fahrenheit n'est le double de 50°, et il suffit pour le prouver d'écrire les valeurs relatives de ces températures.

100° Fahrenheit = 37°,2 centigrades
50° " = 10° "

Le degré n'est donc pas une unité de température.

D'ailleurs, qu'est-ce que l'unité de température ? En existe-t-il une ? Peut-il même en exister une dans l'espèce ? En d'autres termes, l'intensité d'un phénomène quelconque peut-elle être rapportée à une mesure ?

A priori, il semble que non : en effet, on ne peut dire

qu'une œuvre d'art est deux fois plus belle qu'une autre, qu'une odeur est deux fois plus suave, qu'un accord musical est deux fois plus harmonieux. Pour énoncer un pareil jugement, il faudrait que nous eussions pénétré l'essence des phénomènes et découvert les causes des sensations que nous éprouvons.

Mais il suffirait aussi de posséder un critérium d'appréciation ; ainsi la photométrie nous permet de mesurer les intensités d'une source lumineuse et, par l'électrolyse, nous estimons numériquement les intensités des courants électriques. Et pourtant, nous n'avons pas la prétention de savoir ce qu'est la lumière ou l'électricité.

Certaines hypothèses peuvent, il est vrai, nous donner une idée de la nature des phénomènes physiques et nous conduire à découvrir un critérium : c'est ce qui est arrivé pour les températures.

Il nous faut donc entrer dans le domaine mystérieux de l'hypothèse.

M. Poincaré a dit que les hypothèses physiques ne peuvent avoir qu'un sens métaphorique, mais qu'elles jouent un rôle nécessaire et que le savant ne doit pas plus se les interdire que le poète ne s'interdit les métaphores. Ce jugement s'applique en particulier à la théorie cinétique de la chaleur, « qui a donné lieu à bien des objections, auxquelles on pourrait difficilement répondre, si l'on avait la prétention d'y voir la vérité absolue » (1), mais dont l'utilité est incontestable « pour fixer nos idées et soutenir notre entendement ».

D'après cette théorie, qui porte la signature de Bernoulli, de Krönig, de Joule, de Clausius, de Maxwell, etc., les corps sont formés d'agglomérations d'atomes appelées molécules ; isolées les unes des autres et séparées par des intervalles relativement considé-

(1) H. Poincaré, *Relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique* Congrès international de physique de 1900, t. I, p. 17.

rables, celles-ci déterminent le volume et la forme des corps par les rapports de position qu'elles ont entre elles ; puisqu'elles ne se touchent pas, la continuité apparente de la surface des corps est une pure illusion, analogue à celle que nous fait éprouver un bataillon qui, vu à grande distance, paraît former un groupe compact. Ces molécules sont dans un état continuel de mouvement, de chocs et de heurts : l'essaim de poussières folles que nous fait voir un rayon de soleil nous donne une image de ce mouvement ; ces corpuscules infiniment petits sont lancés en tous sens, ils se rencontrent, rebondissent les uns sur les autres et bombardent la paroi de l'enceinte qui les renferme, en constituant la pression du gaz. La théorie a compté leur nombre ; il y en a 10^{21} dans un millimètre cube d'hydrogène pris à zéro centigrade et sous $760^{m}/_{m}$ de pression. Dans ces conditions normales, leur vitesse moyenne de translation est de 2000 mètres par seconde ; il se produit moyennement 17 milliards de fois par seconde un choc d'une molécule contre ses voisines. Cette vitesse de translation et le nombre des chocs effectués par seconde sur la paroi font la pression du gaz ; cette pression est donc fonction de la température du gaz ; cette température est la valeur moyenne de la force vive des molécules en mouvement. La température serait nulle, si les molécules cessaient de se mouvoir : ce serait une température zéro, absolument parlant, par la nature même des choses et non par convention.

Cette théorie cinétique a permis d'établir la nécessité de lois déjà connues et d'en découvrir d'autres (1) ; la fécondité des aperçus qu'elle a suggérés et la nouveauté des phénomènes qu'elle a fait prévoir ont donné à de puissants esprits l'illusion qu'on avait pénétré les secrets de la chaleur. Et pourtant cette théorie conserve le caractère

(1) Signalons l'explication du mouvement brownien donnée par le savant fondateur de notre Société, le R. P. Carbonnelle.

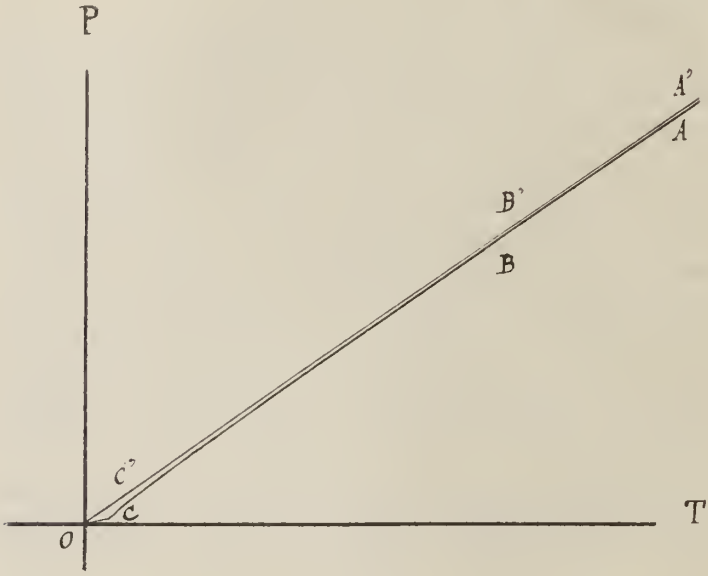
hypothétique et métaphorique de toutes les théories de cette espèce. Mais elle a du moins fourni aux physiciens une explication intéressante des phénomènes thermiques, qui ont été ramenés à des phénomènes mécaniques connus. On a entrevu une relation entre la force vive des molécules en mouvement et ses deux effets, la pression et la température, d'où ressort une manière rationnelle de déterminer celle-ci par la mesure de la pression.

C'est le critérium que nous cherchions.

Il est à remarquer que c'est précisément par l'observation des pressions que les physiciens évaluent les températures à l'aide du thermomètre normal à l'hydrogène, qui est l'instrument le plus exact que nous possédions dans l'espèce. On y relève les variations de pression d'une masse de gaz sous volume constant ; le degré centigrade correspond à la centième partie de l'augmentation de pression éprouvée par ce gaz, en passant de la température de la glace fondante à celle de la vapeur d'eau bouillante sous la pression atmosphérique normale. La température croissant, la pression augmente suivant une loi déterminée, exprimée par l'équation $p = p_0 (1 + \alpha t)$; cette pression p diminue avec la température, fort régulièrement tant que α reste constant. L'hydrogène permet de poursuivre l'observation jusqu'à des températures fort basses : l'hélium donne des résultats plus précis encore. On mesure ainsi, selon l'heureuse expression de M. Duhem, des températures approximativement exactes avec des gaz approximativement parfaits. Mais α diminue sensiblement à partir d'un point donné, la pression baisse alors rapidement et la loi du phénomène change : la courbe ABC montre ce qui se passe. En C, le gaz se liquéfie et dès lors le thermomètre est hors de service. Tout gaz réel et l'hélium lui-même ont donc une limite d'emploi.

Mais supposons que notre thermomètre soit chargé d'un gaz à l'état parfait obéissant à la loi de Mariotte, de Gay-Lussac et de Joule, pour lequel α soit indépendant de la

température et de la pression, par définition même de cet état. Pour ce gaz, la pression sera toujours liée à la température par la même formule $p = p_0 (1 + \alpha t)$; cette formule sera rigoureusement applicable depuis les températures les plus élevées jusqu'aux températures les plus basses ; la ligne figurative des pressions en fonction des températures sera la ligne droite A'B'C'. La température



baissant toujours, la pression baissera aussi, proportionnellement au binome ; cette pression deviendra égale à zéro au moment où les molécules, amenées au repos et ayant perdu toute leur force vive, ne viendront plus frapper contre la paroi du vase qui les enserre et n'exerceront sur elle aucune pression : à ce moment, défini par la théorie avec une précision mathématique, le gaz ne possède plus de chaleur et sa température est égale à zéro. Cet effet se produit lorsque $p = 0$, c'est-à-dire lorsque $1 + \alpha t = 0$, ce qui fixe la valeur de t à $1/\alpha$, c'est-à-dire, à -273° centigrades ; c'est pour cette valeur que la

droite A'B'C' coupe l'axe des températures. L'origine O des coordonnées est donc le point de départ de cette échelle (1).

Cette échelle des températures est uniforme sur toute son étendue ; sa graduation part d'un point fixe dont le choix n'a plus rien d'arbitraire ; la position de ce point, indépendante de toute convention, est déterminée par les propriétés mêmes des gaz parfaits. Les températures marquées par ce thermomètre doivent être appelées *absolues* et l'origine à partir de laquelle on les compte mérite au même titre le nom de *zéro absolu*. Assurément la valeur du degré est encore tributaire de la convention qui nous a fait diviser en 100 parties, et non pas en 80 ou bien en 180 parties, l'intervalle séparant la température de l'eau bouillante de celle de la glace fondante ; mais tous les autres éléments de la question sont imposés par la nature des choses.

La mesure des températures est énoncée par une pression comptée à partir du vide absolu : les températures sont exprimées en hauteur de mercure ; le degré centigrade correspond à une pression de 2,78 millimètres (2). C'est la valeur de l'unité de température. La température nous apparaît dès lors avec tous les caractères d'une grandeur susceptible d'addition et de multiplication : nous nous représentons une température double ou triple d'une autre, et cette appréciation ne dépend plus de l'échelle acceptée, pourvu qu'elle parte du zéro absolu.

Nous croyons que les raisonnements qui précèdent établissent sur des bases indiscutables la notion des températures absolues et du zéro absolu.

Le théorème de Carnot nous conduit d'ailleurs aussi à la considération des températures absolues, mais nous y

(1) Regnault a trouvé pour le coefficient de dilatation de l'hydrogène à volume constant, entre 0 et 100° centigrades, la valeur $\alpha = 0{,}3667$; on a donc exactement $\alpha = \frac{1}{272{,}7}$.

(2) $\frac{760}{273} = 2{,}78$.

arrivons par un chemin tout différent de celui que nous venons de parcourir.

En étudiant les conditions générales du fonctionnement des machines à feu — nous disons aujourd'hui des machines *thermiques* — Sadi Carnot a découvert que la transformation de la chaleur en travail dans ces appareils, exige l'intervention de deux sources de chaleur à des températures différentes; la plus chaude est le foyer, la moins chaude constitue le réfrigérant. Il n'y a pas de machine thermique sans foyer et sans réfrigérant, donc sans chute de température. Or, considérons une machine dans laquelle la chaleur soit fournie par le foyer et reprise par le réfrigérant à température constante ; le cycle de ces opérations a été défini par Carnot et il porte son nom ; il est limité par deux isothermiques et deux adiabatiques. Le rendement d'un tel cycle, c'est-à-dire le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur disponible, ne dépend que des températures limites entre lesquelles la machine fonctionne ; il est indépendant de l'agent qui subit la transformation et qui produit le travail.

Il ressort de ce principe une conclusion remarquable, relative à l'évaluation de ces températures ; elle est due à lord Kelvin et remonte à l'année 1848.

Appelons Q_1 la quantité de chaleur prise au foyer et Q_2 la chaleur restituée au réfrigérant : ces quantités sont entre elles dans un rapport qui ne dépend que des températures T_1 et T_2 du foyer et du réfrigérant, et qui est la caractéristique de l'intervalle de ces températures. Il les définit l'une par l'autre et cette définition a le précieux avantage d'être indépendante du corps thermométrique employé, de l'échelle adoptée et de son origine : voilà donc encore des températures qu'on peut dire *absolues*. Pour effectuer leur numérotage, l'équation de définition $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ne suffit pas, car il faut lui adjoindre une équation de condition, telle que $T_1 - T_2 = n$. Ce nombre n aura

la valeur qu'il nous plaira de lui donner. Écrivons par exemple que les températures absolues de l'ébullition de l'eau et de sa congélation, dans les conditions normales de pression, ont une différence n égale à cent, en adoptant par suite l'échelle centigrade : nous arrivons ainsi aux températures thermodynamiques absolues.

Cherchons le nombre qui représente sur cette échelle thermodynamique absolue la température de la glace fondante : puisque le rapport $\frac{T_1}{T_2}$ est indépendant de la nature du corps qui suit le cycle de Carnot, faisons choix de l'unité de masse d'un gaz parfait, par exemple de l'hydrogène pris à l'état parfait, et calculons les quantités de chaleur Q_1 et Q_2 qu'il faut lui fournir pour parcourir un cycle de Carnot entre les températures T_1 et T_2 ; nous ne pouvons entrer ici dans le détail des équations relatives à cette transformation fermée ; mais le résultat en est très simple. Appelons t_1 et t_2 les températures centigrades comptées à partir du zéro glace fondante, nous trouvons :

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}$$

Or, si t_1 est la température de l'ébullition de l'eau et t_2 celle de la congélation, il vient :

$$\frac{T_1}{T_2} = 1 + \alpha . 100 ;$$

y joignant l'équation

$$T_1 - T_2 = 100,$$

nous trouvons que $100 = \alpha . 100 . T_2$;

d'où : $$T_2 = \frac{1}{\alpha} = 273^\circ.$$

La température de la glace fondante correspond par suite à 273 degrés absolus ; le zéro absolu est donc placé au point — 273° de l'échelle centigrade ; on peut dire encore

que la température absolue thermodynamique est égale à la température centigrade augmentée de 273 degrés.

Nous aboutissons conséquemment au même résultat que ci-dessus, relativement à la définition d'un zéro absolu situé à 273 degrés centigrades au-dessous de la température fixe de la glace fondante.

Mais après cette excursion dans le domaine de la théorie pure et de l'hypothèse, il est utile de rechercher un point d'appui plus solide sur le terrain de l'expérience et de soumettre à un contrôle indiscutable ces températures thermodynamiques, comptées à partir du zéro absolu. Hirn (1) a le premier fait constater aux physiciens que les formules qui leur permettent de calculer les densités des vapeurs, les pressions et les températures des gaz à la suite d'une opération isothermique et adiabatique, les chaleurs de changement d'état, etc. renferment les valeurs assignées à la température absolue, et qu'en vérifiant l'exactitude des données du calcul nous pouvons nous assurer de l'exactitude des chiffres qui représentent les températures absolues.

L'illustre savant constatait déjà un accord très satisfaisant entre les résultats de l'observation et du calcul ; les travaux les plus récents ont confirmé cet accord d'une façon remarquable.

Prenons pour exemple la vérification expérimentale faite par M. Perot de la formule connue de Clapeyron, $r = \mathrm{AT}\,\frac{dp}{dt}\,(v - \sigma)$; il a opéré sur l'éther sulfurique, pour lequel il a mesuré la valeur de r à diverses températures ; il avait d'autre part déterminé avec soin les valeurs de $\frac{dp}{dt}$, de v et de σ ; il a calculé ainsi la valeur de A, l'équivalent calorifique du travail, en comptant les températures T à partir du zéro absolu, c'est-à-dire en écrivant

(1) *Exposition analytique et expérimentale de la Théorie mécanique de la Chaleur*, 3e édition, tome I, p. 244 ; Paris, 1875.

$T = t + 273$. Il a été conduit au nombre $\frac{1}{424,63}$, qui concorde avec la valeur la plus probable de A. On a donc le droit de dire que les températures absolues, comptées à partir de — 273°, sont exactes, et que l'erreur commise est certainement fort petite (1).

Je pourrais multiplier ces exemples, mais je me bornerai à citer encore le remarquable travail de MM. Mathias et Cailletet sur le même sujet ; ces physiciens distingués avaient pris l'anhydride sulfureux pour objet de leurs recherches. Le calcul les a conduits à attribuer à r, la chaleur latente de vaporisation du gaz liquéfié, une valeur égale à 91,2 à la température du zéro centigrade, soit à 273° absolus ; or, M. Chappuis avait trouvé 91,7 en opérant directement au calorimètre (2). Pour l'anhydride carbonique, le calcul donnait $r = 56,73$ et l'observation 56,25, chiffres encore fort voisins. Mais il convient de remarquer que, pour ces deux gaz, l'écart entre les valeurs calculées et observées est inverse, ce qui est un témoignage en faveur de l'exactitude de la valeur de T, la température absolue introduite dans les formules ; les différences relevées doivent donc être attribuées aux erreurs inévitables de l'observation et non pas à une erreur commise sur T, laquelle se serait manifestée dans le même sens.

Il est par conséquent indéniable qu'il existe un point à partir duquel on a le droit de compter les températures absolues, en augmentant les températures centigrades de 273° : ce point est le zéro absolu.

Hirn semblait disposé à aller plus loin (3) : il a conclu de ce qui précède à l'existence même de ce zéro absolu, mais tous les thermodynamistes n'ont pas suivi l'illustre savant.

(1) Pérot, *Sur la mesure du volume spécifique des vapeurs saturées et la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur* ; JOURNAL DE PHYSIQUE, 2e série, tome VII, p. 139.

(2) Cailletet et Mathias, *Recherches sur la densité de l'acide sulfureux à l'état liquide et de vapeur saturée* ; JOURNAL DE PHYSIQUE, 2e série, tome VI, p. 414.

(3) Hirn, *loc. cit.*, passim et en particulier p. 244.

C'est qu'en effet les vérifications expérimentales que nous venons d'enregistrer ne démontrent, en somme, pas autre chose qu'une concordance de chiffres ; pour ce qui est de la réalité du zéro, il y a lieu de distinguer.

Théoriquement, ce zéro, dont nous connaissons si bien la place sur l'échelle des températures centigrades, à partir duquel nous comptons si exactement les températures en valeur absolue, dont nos calculs consacrent implicitement la correction, ce zéro s'impose à nos raisonnements : tout se passe comme s'il existait réellement.

Mais ce zéro a-t-il une réalité physique ? Y a-t-il quelque part dans le vaste univers des corps qui soient au zéro absolu ? Pouvons-nous espérer que les puissants moyens de réfrigération dont la science dispose aujourd'hui nous permettront un jour d'y amener les corps ?

Bien plus, est-il admissible que la matière puisse prendre cet état de repos moléculaire qui caractérise la température nulle et l'absence de chaleur ?

Ces questions demandent à être discutées.

Et d'abord, il est bien évident que les thermomètres à hydrogène et à hélium, dont nous disposons pour la mesure des très basses températures, ne marqueront jamais le zéro absolu : les gaz, dont la force élastique devrait mesurer les plus basses températures, cesseront de suivre la loi de Gay-Lussac avant d'arriver au zéro ; ils seront d'ailleurs liquéfiés et solidifiés, et l'instrument sera mis hors d'emploi ; inutile de revenir sur cette considération, que nous avons amplement développée ci-dessus. Nous ne pourrons donc jamais nous assurer de l'existence matérielle du zéro absolu.

Mais ce n'est là qu'un côté de cette question qui a une importance si grande dans le domaine de la philosophie naturelle. Parce que nous nous représentons très rationnellement un corps dont les molécules seraient immobiles, cela ne prouve nullement que cet état de mort de la matière soit réalisable, ni même possible. La thermodyna-

mique semble indiquer au contraire que l'absence totale de chaleur et, par suite, l'existence d'une température nulle mettrait les principes en échec.

M. Pellat (1) fait remarquer en effet qu'une isotherme, correspondante au zéro absolu, maintenue par conséquent sans chaleur, ne peut être admise, parce que « l'existence d'une pareille isotherme serait en désaccord avec le principe de l'entropie, car une machine thermique fonctionnant suivant le cycle de Carnot, et ayant une source froide à zéro, fournirait du travail sans déposer de chaleur sur aucune source ».

M. Lippmann partage cette manière de voir (2) ; il nie l'existence du zéro absolu, qui serait une température pour laquelle le réfrigérant ne recevrait rien, toute la chaleur prise au foyer étant transformée en travail ; « le réfrigérant ne se réchaufferait donc pas par le jeu de la machine ».

M. Ariès estime aussi (3) que le zéro absolu ne peut avoir aucune existence réelle ; « un corps, se transformant suivant le cycle de Carnot entre le zéro absolu et une température quelconque plus élevée, ne prendrait ou ne verserait de la chaleur, suivant le sens du cycle, qu'à une seule source, ce qui n'est pas possible ».

L'argument qui suit nous paraît, sinon plus probant, du moins plus suggestif : il repose encore sur la considération du cycle de Carnot. Ce cycle est réversible : parcouru dans un sens, le calorique tombe du niveau du foyer à celui du réfrigérant en produisant du travail, mais, en sens inverse, le cycle doit permettre de remonter du calorique du niveau inférieur au niveau supérieur, au prix d'une dépense de travail. Or, si le réfrigérant était au zéro absolu, on ne pourrait y puiser de la chaleur, puisqu'il

(1) Pellat, *Thermodynamique*, p. 143 ; Paris, 1897.

(2) Lippmann, *Cours de thermodynamique*, p. 97 ; Paris, 1880.

(3) Ariès, *Chaleur et énergie*, p. 56 ; Paris, sans date *(Encyclopédie Léauté)*.

n'en posséderait pas ; ne donne rien qui n'a pas ; par suite, le cycle de Carnot ne serait plus réversible et nous sommes forcés d'écarter l'hypothèse d'une source sans chaleur, à la température zéro. Cette hypothèse est contradictoire, de l'avis de M. Duhem.

Mais je crois avoir trouvé un argument plus péremptoire, qui n'a pas encore été invoqué, que je sache. Le rendement d'un cycle de Carnot est égal à $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$, quotient de la chute de température par la température du foyer. Or, si T_2 devenait égal à zéro, le rendement serait égal à l'unité, quelle que fût la valeur de T_1, c'est-à-dire quelle que fût la chute de température, ce qui ne peut être admis.

Le zéro absolu ne peut donc exister réellement.

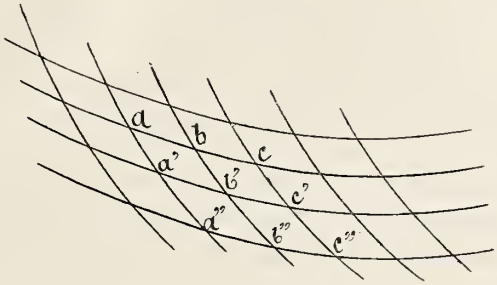
Comment pourrait-on d'ailleurs y atteindre ?

Tous les moyens connus de réfrigération, que ce soit un changement d'état, tel qu'une vaporisation, ou bien une production de travail extérieur par détente, ou encore l'utilisation du phénomène Peltier, sont essentiellement réversibles ; or, considérons un semblable phénomène constituant une des phases d'un cycle réversible et supposons que ce cycle soit parcouru dans le sens inverse (on pourrait dire *rétrograde)* de telle sorte que, par une dépense de travail, on enlève du calorique à la source inférieure. La machine que nous venons de décrire est frigorifique, par sa source inférieure. Soit Q_2 la chaleur empruntée à cette source et Q_1 celle qui arrive à la source supérieure : la fraction $\frac{Q_2}{Q_1}$ mesure l'efficacité de chaque opération. Cette fraction, égale à $\frac{T_2}{T_1}$, donc plus petite que l'unité, va diminuant au fur et à mesure que la source inférieure se refroidit davantage ; l'effet frigorifique décroît par suite rapidement, de sorte que l'épuisement du calorique ne serait obtenu qu'après un nombre infini d'opérations. Autant vaut dire que l'épuisement complet est irréalisable.

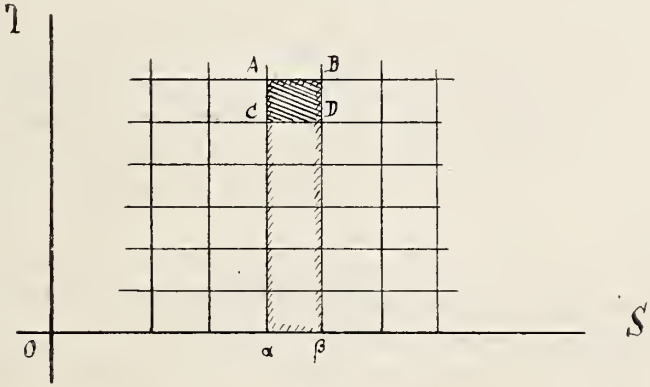
Le zéro absolu nous apparaît dès lors comme un état

limite, vers lequel on tend asymptotiquement, sans jamais l'atteindre.

Cet état a d'ailleurs tous les caractères spécifiques d'un état limite.



Traçons en coordonnées PV une série d'isothermes et d'adiabatiques, dont les intersections dessinent des cycles de Carnot : la loi de succession de ces courbes peut être telle que les quantités de chaleur absorbées sur *ab*, *bc*, *cd*... soient égales, et que les isothermes *abc*, *a'b'c'*, *a''b''c''*... correspondent à des températures thermodyna-



miques décroissantes de degré en degré. Les quantités de chaleur absorbées entre deux adiabatiques consécutives sur *ab*, *a'b'*, *a''b''*... vont en décroissant avec la température.

Les aires des quadrilatères curvilignes sont égales (1) ainsi que le travail de chaque cycle élémentaire. Le rendement augmente au contraire au fur et à mesure que la température baisse : ce rendement est en effet égal à $\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{1}{T_1}$, puisque $T_1 - T_2$ est pris égal à 1. La représentation des cycles en diagramme entropique peint aux yeux la croissance de ce rendement, qui est donné par le rapport des surfaces $\frac{ABCD}{AB\alpha\beta}$: le rendement s'élève en même temps que ABCD se rapproche de $\alpha\beta$ sur l'axe des S. Il tend vers son maximum, égal à l'unité, qu'il ne peut atteindre.

Mais revenons au diagramme en PV : en poursuivant le tracé des cycles jusqu'au zéro absolu, nous trouverons finalement une portion d'isotherme $a_0\, b_0$ sur laquelle la chaleur absorbée devient nulle. L'isotherme du zéro absolu représente donc une opération faite sans variation de chaleur : c'est une adiabatique. En d'autres termes, les adiabatiques tendent, en s'approchant du zéro absolu, vers l'isotherme limite de ce zéro absolu. Cette profonde observation est de M. Ariès (2).

On ne peut, du reste, concevoir une isotherme à zéro : une compression du corps amené à cet état est impossible, car elle échaufferait la source ; le corps ne se dilatera pas non plus isothermiquement, car le ressort du travail lui manque, attendu qu'il n'a plus de chaleur à transformer.

Tout cela est une caractéristique d'une limite inaccessible.

Le zéro absolu doit, par suite, être considéré comme la limite inférieure vers laquelle tendent les basses températures, sans pouvoir l'atteindre jamais.

Quelques thermodynamistes ont cru devoir ajouter

(1) Cette importante propriété a été démontrée par M. Maurice Levy, COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, tome LXXXIV, 1877.

(2) Ariès, *loc. cit.*, p. 56. On pourrait ajouter qu'on a aussi bien $pv = 0$ pour les isothermes que $pv^\gamma = 0$ pour les adiabatiques, quand on pose $T = 0$ et par suite $p = 0$.

qu'elle ne peut être dépassée : ce n'était pas la peine de le dire et encore moins de le démontrer.

D'autres ont déduit de ce qui précède que l'hypothèse énoncée par la théorie cinétique de l'immobilité moléculaire au zéro absolu doit elle-même être abandonnée : ils pourraient justifier leur opinion par les considérations que nous venons d'exposer ; qui oserait dire qu'ils ont tort ?

Est-ce à dire d'autre part que la matière ne saurait être envisagée à l'état de repos moléculaire et que ces mouvements intimes lui sont essentiels ? Ce serait une affirmation bien hardie, car le fait serait gros de conséquences.

Nous n'avons garde de nous risquer sur un terrain aussi dangereux et nous nous hâtons de reprendre pied sur un sol moins mouvant.

Examinons à quelle distance nous sommes encore de cette limite inaccessible, qui sollicite notre curiosité, mais en défiant nos efforts ; son abord est en effet mieux défendu que ne le sont les approches du pôle. Les Nordenskiöld, les de Gerlache et notre vaillant collègue M. Lecointe ont commencé à frayer, à travers les glaces, une voie qui conduira tôt ou tard au but tant désiré ; les physiciens, qui ont entrepris d'abaisser les températures, sont engagés au contraire dans une impasse et ils le savent. Leurs efforts sont d'autant plus méritoires.

Ils ont obtenu d'admirables résultats au cours des dernières années.

C'est le 24 décembre 1877, que MM. Cailletet et Pictet ont annoncé à l'Académie des Sciences que l'air était enfin dompté et qu'ils l'avaient liquéfié : comme la température critique de ce gaz est à — 140° centigrades, nous possédons un document irréfutable, qui nous permet de mesurer la distance à laquelle on se trouvait de la limite, il y a 27 ans : on en était encore séparé de 133°.

Depuis lors, que de travaux et quels succès !

En 1883, MM. Wroblewski et Olzewski consolident les conquêtes précédentes en développant leurs moyens

d'action ; ils maintiennent la température de 133° absolus, et l'air ruisselle dans leur appareil à cycles multiples. M. Linde crée bientôt un procédé industriel de liquéfaction de l'air.

Puis M. Wroblewski comprime de l'hydrogène refroidi dans un bain d'azote bouillant à — 182° centigrades (91° absolus), et une détente brusque lui permet d'observer un brouillard d'hydrogène liquide ; c'était en 1884.

Le fluor capitule en 1893, à — 200° centigrades, soit à 73° absolus.

Mais c'est à M. Dewar que revient la palme : il atteint — 243° centigrades dès 1895 ; après quatre années de lutte, soutenu par le concours de ses collègues de la Société Royale de Londres et par les puissants moyens d'action mis à sa disposition, il dépose sur le bureau de la Compagnie, à l'occasion des fêtes du centenaire de 1899, un litre d'hydrogène liquide : pour qu'on puisse le conserver, le liquide est renfermé dans un vase à double paroi vide et argentée, plongé lui-même dans un bain d'air liquide. On n'était plus qu'à 30 degrés de la limite. Peu de temps après, l'oxygène était solidifié.

Mais la liquéfaction de l'hydrogène a permis de faire un nouveau pas en avant : le thermomètre à hélium, désormais seul utile, marque — 253° en 1902 dans l'hydrogène bouillant ; on croit même avoir observé — 258° centigrades, soit 15° absolus et l'hydrogène s'est solidifié à son tour sous forme d'une glace limpide ou d'une neige spongieuse, qu'on a comparée à de l'écume congelée.

On lutte maintenant avec l'hélium qu'il faudrait pouvoir liquéfier à son tour pour bénéficier du froid produit par son ébullition dans le vide. M. Dewar et M. Jaquerod pensent qu'ils l'ont vu en brouillard ; mais c'était peut-être une illusion.

Les illusions soutiennent les courages, il est vrai, comme le mirage entretient l'énergie du voyageur aven-

turé dans l'immense et aride étendue des sables du désert ; on peut dire des illusions, ce que M. Poincaré a dit avec tant de bonheur des hypothèses, elles augmentent le rendement scientifique.

Il faudrait sans doute descendre à 5° absolus pour posséder l'hélium liquide en masse suffisante pour pouvoir en tirer parti : d'autre part, M. Dewar estime que pour arriver à 3°, il faudrait découvrir un gaz qui fût à l'hélium ce que l'hélium est à l'hydrogène.

Si un tel gaz existe, on saura l'isoler et en tirer parti : mais il se peut que le Créateur n'en ait pas doté son œuvre, et dans ce cas l'on n'arriverait même pas à 3 degrés absolus.

Remarquons d'ailleurs que les dernières étapes à franchir sont de plus en plus pénibles et qu'elles sont aussi de plus en plus courtes. Il y a autant de mérite à passer de 7,5° à 5° absolus que de 273° à 136°,5 : la raison de la progression géométrique est la même dans les deux cas et, dans l'espèce, c'est le rapport qu'il faut considérer et non pas la différence.

Dès maintenant, les résultats obtenus sont énormes et le domaine de la science s'est élargi par l'ouverture d'horizons nouveaux : la moisson de faits est déjà immense.

Signalons quelques découvertes précieuses.

L'hydrogène liquide, contrairement à ce que l'on pouvait attendre, n'est pas un bon conducteur de l'électricité, malgré sa nature métallique ; quatre fois plus léger que l'eau, il a une capacité calorifique dix fois plus grande.

Les résistances métalliques décroissent, comme on l'avait prévu, d'après les idées d'Ampère ; mais elles décroissent moins vite qu'on ne l'attendait et rien ne permet plus de croire que, au zéro absolu, ces résistances soient nulles.

Le magnétisme augmente aux basses températures ; l'élasticité augmente aussi et une balle de plomb rebondit sur le marbre comme une balle d'ivoire ; les couleurs des

corps changent et le vermillon pâlit ; le bleu seul persiste. Les affinités diminuent ; le phosphore et le potassium flottent sans s'oxyder sur un bain d'oxygène liquide ; le fluor se conserve dans des flacons de verre inattaqués. Les platinocyanures deviennent lumineux, l'azotate d'urane aussi ; ce dernier attire à lui les corps légers.

Un nouvel ordre de choses se révèle à nous au voisinage du zéro absolu ; la matière nous apparaît dans un état inconnu jusqu'ici, et le bagage scientifique de l'humanité s'accroît tout d'un coup d'une manière inattendue.

Notre ignorance reste grande, sans doute ; mais, plus on ira, plus on saura, et moins de gens croiront savoir.

Aimé Witz.

LES NOTIONS DES ZENO

SUR LES PAYS TRANSATLANTIQUES

NOUVELLES PREUVES DE LEUR VÉRACITÉ

I. L'ICARIA

La relation des Zeno, ces célèbres navigateurs vénitiens qui visitèrent à la fin du XIVe siècle plusieurs îles et contrées situées au nord et à l'ouest des Iles Britanniques, ayant été éditée, traduite et commentée bien des fois, il n'est pas indispensable de traiter ici des généralités et de revenir sur certaines questions que nous avons examinées dans quatre mémoires (1) et auxquelles nous n'aurions guère à ajouter pour le moment ; mais il en est d'autres que nous avons laissées de côté ou qui demandent de nouvelles explications ; car dans une science en formation, comme c'est le cas pour l'histoire de l'Amérique précolom-

(1) *La Découverte du Nouveau Monde par les Irlandais et les premières traces du Christianisme en Amérique avant l'an 1000* (Extr. du COMPTE RENDU du *Premier Congrès international des Américanistes*, t. I, pp. 87-90), Nancy, 1875, in-8°; — *Les Colonies européennes du Markland et de l'Escociland au XIVe siècle* (Extr. du COMPTE RENDU du *Deuxième Congrès des Américanistes*, t. I, pp. 24-40), Nancy, 1877, in-8°; — *Les Skrœlings, ancêtres des Esquimaux dans les temps précolombiens* (Extr. de la REVUE ORIENTALE ET AMÉRICAINE, Paris, 1879, in-8°, pp. 42-46) ; — *La véracité des Zeno et l'authenticité de leur carte* (dans le COMPTE RENDU du *IVe Congrès internat. des sciences géographiques*, 1889, t. I, pp. 431-441); — *Les Voyages transatlantiques des Zeno. Leur relation est-elle véridique et leur carte authentique?* (Extr. de LE MUSÉON, t. IX). Louvain, 1890, in-8°, 42 pages.

bienne, on aura pour longtemps à faire d'autres recherches avant d'être à peu près fixé sur les faits admissibles et les dates même approximatives. Il ne faut donc pas être surpris de ce qu'un chercheur reprenne pour la sixième fois le même sujet pour l'envisager sous divers aspects et mettre en lumière ce qu'il avait laissé dans l'ombre.

Nous nous bornerons pour aujourd'hui à traiter d'abord de l'*Icaria* ou île de Terre-Neuve, ensuite de l'*Estotilanda* et du pêcheur *frislandais* qui en a donné une relation ; puis de *Drogio* où il fit naufrage et des tribus barbares où il fut captif ; enfin du pays civilisé situé au sud-ouest de l'Amérique du Nord et où, d'après deux documents espagnols absolument indépendants l'un de l'autre, le passage d'un *Papa* blanc et barbu à la même époque, produisit chez les Mexicains une énorme sensation qui fut renouvelée et augmentée à l'arrivée des Espagnols. Nous essaierons, tout en nous tenant fort près des textes et en les expliquant d'une manière rationnelle, de montrer leur suggestive concordance qui ne peut être purement fortuite. C'est trop peu sans doute, mais dans une matière où nous n'avons pas, comme les érudits qui traitent d'événements beaucoup plus récents, l'inappréciable avantage de nous appuyer sur des monuments et vestiges des temps en question (inscriptions, médailles, sceaux, actes authentiques, etc.), les concordances mutuelles des relations ou traditions avec les faits constatés postérieurement sont à peu près le seul moyen de contrôler les récits et d'en vérifier l'exactitude. Telle est la méthode que nous avons constamment suivie dans nos études sur l'Amérique précolombienne et que nous allons encore essayer d'appliquer rigoureusement, non à toute la relation des Zeno, car nous laissons de côté les îles et contrées estatlantiques (Frislande, Shetlands) ou nordatlantiques (Islande, Grœnland, Monastère de Saint-Thomas), pour nous en tenir à peu près exclusivement aux pays ouestatlantiques (Icaria, Estotilanda, Drogio, etc.).

En 1390, un armateur vénitien de grande famille, Nicolò Zeno, se rendant en Angleterre pour son commerce, fut assailli par une tempête et jeté sur le littoral d'une île, située entre les Shetlands et l'Islande et appelée *Frislanda* (Terre des Frisons) dans les cartes du moyen âge (aujourd'hui le groupe des Færœs). Il y fut bien accueilli par *Zichinni* ou *Zicno*, c'est-à-dire le *maître* d'une bande de corsaires qui en occupaient la partie la plus méridionale. Ces Frisons, profitant de la faiblesse du roi de Norvège, Erik de Poméranie, encore enfant et sous la tutelle de sa tante, la Grande Marguerite Valdemarsdatter, qui était en guerre avec la Suède et les villes Hanséatiques, s'étaient soulevés et, avec le concours des navigateurs vénitiens, ils s'emparèrent du reste de l'Archipel. Peu après, renforcés par les *Frères Vitaliens*, qui avaient été expulsés de la Suède et de la Norvège (1395), ils portèrent leurs armes dans les Shetlands, puis en Islande (1396), et s'avancèrent jusqu'au Monastère de Saint-Thomas, situé au pied d'un volcan (probablement le Beerenberg) dans l'île Jan-Mayen. Nicolò Zeno, dont la santé était altérée par la rigueur de la température, mourut au plus tard en 1398. Son frère Antonio, qui l'avait rejoint depuis quatre ans, en passa encore dix (jusque vers 1406-1408) au service de Zicno. C'est le seul des deux qui, pour avoir pris part aux explorations dans le nouveau monde, intéresse directement notre sujet.

Voici à quelle occasion il fut mêlé aux expéditions transatlantiques : vingt-six ans auparavant (c'est-à-dire entre 1370 et 1374), un pêcheur frislandais, dont nous aurons à parler plus loin, avait été poussé par un ouragan vers le littoral de l'*Estotilanda*, pays civilisé, situé à plus de 1000 milles à l'ouest de la Frislande. Après y avoir longtemps séjourné de gré ou de force, il en était revenu et s'offrait à y conduire Zichinni. Il mourut pendant que l'on faisait les préparatifs d'une expédition transatlantique. Ceux-ci ne furent pas moins poursuivis parce qu'il restait

pour guides des marins venus, avec le pêcheur, du lointain pays d'outre-mer. Vers 1400 (ou, pour parler plus exactement, entre 1396-1398 et 1406-1408, dates approximatives, l'une du décès de Nicolò Zeno, l'autre du décès de son frère Antonio), on mit à la voile en se dirigeant vers l'ouest (1).

Une violente tempête, qui dura huit jours, dispersa et désorienta les navires ; le calme rétabli, une partie d'entre eux se rallièrent et, « poussés par un bon vent, écrivit Antonio Zeno (2), nous découvrîmes à l'ouest une terre (3) vers laquelle nous fîmes voile. Nous entrâmes dans un port abrité et sûr, où quantité de gens en armes et prêts à combattre accoururent sur le rivage pour la défense de l'île. Zichinni ayant alors fait des signes de paix, les insulaires lui dépêchèrent dix interprètes qui parlaient dix langues, mais aucun d'eux ne put se faire comprendre si ce n'est un Islandais (4). Celui-ci, conduit devant notre prince qui lui demanda comment s'appelait cette île, quel peuple l'habitait et qui la gouvernait, répondit qu'elle se nommait *Icaria* et que tous les rois qui s'y étaient succédé

(1) Contrairement à notre habitude, nous n'avons pas commenté chacune des assertions contenues dans ce paragraphe, parce que c'est un simple résumé du mémoire sur *Les Voyages transatlantiques des Zeno* où l'on trouvera les preuves avec de copieuses explications.

(2) Malgré l'importance de cette lettre nous n'en reproduisons pas le texte, assez connu pour avoir été édité bien des fois. — Quant à la traduction, aussi littérale que possible, elle était nécessaire ne fût-ce que pour montrer comment nous comprenons ce récit d'ailleurs généralement très clair malgré l'obscurité de la matière.

(3) A propos de l'expression « *scoprimo da ponente terra* », M. H. Major (*The Voyages of Nicolò and Antonio Zeno*, Londres, 1873, in-8o, p. 26, note 2) fait remarquer que *da ponente* peut s'appliquer tout à la fois à la situation de l'île et à celle des navigateurs. Il se prononce pour cette dernière alternative et traduit le passage par ces mots : « *We discovered land on the West* ». Nous adoptons cette interprétation d'autant plus qu'en faisant le tour de l'île, ils arrivèrent à un port situé à l'est (voy. *infra*, p. 126).

(4) « *Un d'Islanda* » porte le texte (p. 27 de l'édit. Major). Ce savant n'était donc pas autorisé à traduire par : « *one that was from Shetland* », alors même que le terme *islande* (les îles, p. 11) devrait s'interpréter par *les Shetlands*, ce qui n'est pas le cas : celles-ci étant nommées *Estland* sur la carte des Zeno, où les dénominations d'*Islanda* et *Islande* s'appliquent incontestablement à l'Islande et aux îlots voisins ou même à ses promontoires.

s'appelaient *Icares*, d'après le premier d'entre eux. Ce prince, que l'on dit avoir été fils de Dédale, roi d'Écosse, ayant établi sa domination dans l'île, laissa son fils pour la gouverner avec des lois qui, depuis, sont restées en vigueur ; après quoi, voulant pousser plus loin ses explorations, il fut submergé dans une grande tempête qui s'éleva. La mer où il périt fut appelée *Icarienne* et les rois de l'île, *Icares*. Comme les habitants étaient satisfaits de la condition où Dieu les avait placés, ils ne voulaient pas d'innovations dans leurs coutumes ni recevoir d'étrangers ; c'est pourquoi ils priaient notre prince de ne pas violer les lois qu'ils avaient reçues de ce roi d'heureuse mémoire et observées jusqu'alors ; qu'il ne le pourrait d'ailleurs faire sans s'exposer à un péril évident, car tous étaient prêts à sacrifier leur vie, plutôt que de s'écarter en quelques points de leurs coutumes. Cependant pour ne pas avoir l'air de repousser toutes relations avec les étrangers, ils conclurent en disant qu'ils auraient volontiers reçu un des nôtres pour en faire un de leurs principaux personnages, et cela uniquement dans le but d'apprendre ma langue (1) et prendre connaissance de nos mœurs, comme ils l'avaient fait pour dix interprètes de dix autres pays différents qui étaient venus dans l'île. A quoi notre prince ne fit pas d'autre réponse que de donner signal d'appareiller pour un bon port qu'il avait fait chercher ; toute la flotte, voguant à pleines voiles, fit le tour de l'île et entra dans un port qu'on lui avait signalé du côté de l'est. On y fit escale et les marins allèrent faire de l'eau et du bois avec toute la diligence possible, de peur d'être attaqués par les indigènes. Cette appréhension n'était pas sans fondement : les habitants de cette localité, ayant fait appel à leurs voisins par des signaux de feu et de fumée, furent bientôt armés et, à l'arrivée des autres, ils descendirent sur le

(1) Il ne faut pas perdre de vue que ce passage est tiré d'une lettre d'Ant. Zeno et que par conséquent il s'agit ici de la langue italienne et non du frison, ni de l'idiome des Færœs que l'interprète islandais aurait compris.

rivage en si grand nombre que leurs armes et leurs flèches tuèrent et blessèrent plusieurs des nôtres. Il ne servait de rien qu'on leur fit des signes de paix : ils s'acharnaient de plus en plus, comme s'ils eussent combattu pour des intérêts suprêmes. Aussi fûmes-nous forcés de lever l'ancre et, en faisant un long circuit, nous longeâmes l'île à distance, toujours accompagnés, sur les monts (1) et sur les côtes, par un nombre infini d'hommes armés. Après avoir doublé le cap du nord, nous trouvâmes de grands bas-fonds au milieu desquels nous fûmes pendant dix jours continuels en danger de perdre la flotte ; heureusement que le temps fut toujours très beau. Poursuivant ainsi notre route jusqu'au cap de l'est, nous vîmes partout les insulaires au sommet des monts ou venant à nous sur le rivage et, par leurs cris et leurs flèches décochées de loin, nous montrant sans cesse les mêmes sentiments hostiles. C'est pourquoi nous résolûmes de nous arrêter dans un port sûr et de chercher à rentrer en pourparlers avec l'Islandais, mais sans y parvenir parce que la population, presque tout à fait déraisonnable en ce point, était continuellement en armes, avec le propos délibéré de nous combattre si nous avions tenté une descente. Aussi Zichinni, se voyant dans l'impossibilité de rien faire ou exposé à manquer de vivres s'il eût persévéré dans son dessein, fit mettre à la voile par un bon vent et fut poussé pendant six jours par un vent d'ouest (2) qui souffla

(1) Presque de tous côtés, Terre-Neuve présente à la mer une côte abrupte et formidable (Elisée Reclus, *Nouv. géogr. univ.*, t. XVI, p. 658) ; ce que l'on ne pourrait dire d'aucune des autres îles un peu importantes de ces parages, pas plus d'Anticosti avec ses grèves assez basses que des îles du Cap Breton et du Prince Édouard, ou que du petit archipel de la Madeleine (Id., *ibid.*, t. XV, pp. 569, 579).

(2) « Navigando sei giorni per ponente » (p. 30 de l'édit. Major). Si l'on voulait, comme l'ont fait plusieurs de nos prédécesseurs (I. Isac. Pontanus, *Rerum Danicarum historia*, Amsterdam, 1631, in-fol., p. 762, où on lit : « sex ipsos dies in occasum *contendit*. Sed enim vento *in Africum* commutato... » ; Bredsdorff, p. 574 du t. III de *Grœnlands historiske Mindesmærker* ; N.-A.-E. Nordenskiöld, p. 18 de ses *Studier och forskningar* ;

ensuite du sud-ouest ; la mer devint agitée et, pendant quatre jours, la flotte eut le vent en poupe. Nous découvrîmes finalement la terre (1). »

C'était l'extrémité méridionale du Grœnland, près de la source thermale de l'îlot d'Ounartok (2), situé par 60°32′ de lat. N. Comme il n'y aurait guère à ajouter à ce qui a été dit ailleurs (3) de l'établissement qu'y firent les Frislandais, nous arrêtons ici l'extrait de la relation des Zeno. On voit par le récit même d'Antonio Zeno qu'il ne se pose pas en grand explorateur ; il ne se donne pas comme le commandant de la flotte qui découvrit l'Icaria et il ne fait pas de celle-ci une île du nouveau monde. On ne peut non plus supposer que Nicolò Zeno le Jeune ait voulu attribuer à des Vénitiens la gloire d'avoir précédé le Génois Chr. Colomb dans la découverte des Indes Occidentales ; car il avoue au contraire que les explorateurs italo-frislandais ne purent retrouver le grand continent à eux signalé et même parcouru par un obscur pêcheur frislandais. Quant au Grœnland, il n'en fait pas explorer les côtes par Ant. Zeno, mais bien par Zichinni et, au lieu de le donner pour une partie du nouveau monde, il le rattache mal à propos à l'ancien. Il a pu être malhabile dans la reproduction de la carte de ses

H. Major, p. 30 de l'édit.), traduire « navigando per ponente » par « naviguant vers l'ouest », au lieu de « poussé par un vent d'ouest ». la relation deviendrait inintelligible, et en tout cas elle serait en contradiction avec la carte ; car il eût été impossible qu'un navire partant de l'Icaria (Terre-Neuve) atteignît le Grœnland en se dirigeant vers l'ouest ; il s'en fût au contraire éloigné et eût été jeté sur le littoral de l'Estotilanda que Zichinni chercha sans pouvoir le trouver.

(1) *Relat. des Zeno*, pp. 26-30 de l'édit. Major.

(2) L'unique autre source thermale que l'on connaisse en Grœnland, celle de la terre Henry, située par 69° 34′ de lat. N., sur la côte orientale du Grœnland (N. Hartz, Rapport sur une partie de l'expédition Andrup. dans *Meddelelser om Grœnland*, t. XXVII, Copenhague, 1902, p. 159, cfr. p. 367) est en effet beaucoup trop éloignée vers le nord pour être regardée comme celle que vit Ant. Zeno.

(3) *Les Voyages transatlantiques des Zeno*, dans Le Muséon, t. IX, 890, pp. 459-462, 470-473 ; — Cfr. *Les Skrœlings*, pp. 42-45.

ancêtres et dans la graduation qu'il y ajouta ; ignorant dans la transcription des noms et trop peu critique dans l'emploi de ses matériaux, mais on ne doit suspecter ni l'authenticité de ces derniers ni la sincérité de l'éditeur (1).

On ne lui connaît aucun intérêt à mentir, et la meilleure preuve qu'il n'a pas fait un roman pour la plus grande gloire de ses ancêtres, mais qu'il a de son mieux reproduit leurs lettres, leur relation, leur carte, c'est la sûreté de ses informations. « La carte publiée par N. Zeno le Jeune, dit G. Moletti, son contemporain, est confirmée de point en point par des explorations récentes, comme cela résulte de lettres et de portulans envoyés de diverses parts à l'éditeur. » On ne prétend pas que tout y soit exact, tant s'en faut ! Mais elle se rapproche de la réalité plus qu'aucune autre du même temps. La configuration du Danemark et du golfe de Christiania y est meilleure que dans la carte, pourtant si vantée, du Suédois Olaus Magnus (1re édit. 1539) ; le Grœnland y est mieux représenté et surtout mieux placé et plus complet que dans les cartes des XVe et XVIe siècles (2). On n'est donc

(1) P. Zurla, *Di Marco Polo i degli altri Viaggiatori Veneziani*, Venise, 1818, in-4°, t. II, pp. 8-13.

(2) Chez les uns il est disproportionnément étroit et avec peu ou point de noms ; d'autres n'en donnent que l'extrémité méridionale, ou lui attribuent des contours fantastiques, tout en le plaçant au nord de la Norvège. — Pour se rendre compte de la supériorité de la carte des Zeno, on n'a qu'à comparer leur Grœnland avec ceux de Donnus Nicolaus Germanus (dit Donis) dans six cartes dressées entre 1466 et 1482, reproduites en phototypie dans *The Discoveries of the Norsemen in America*, par le P. Jos. Fischer, trad. par B.-H. Soulsby, Londres, 1903, in-8°; avec celui de la *mappemonde* de Waldseemüller en 1507, extraordinairement amélioré dans la *carta marina* du même en 1516 et qui le disputerait à celui des Zeno s'il portait la nomenclature : tous deux reproduits par le P. J. Fischer ; avec ceux de B. Bordone (Venise, 1437), de l'édition de Ptolémée, par Pedrezano (Venise, 1548), et d'Olaus Magnus (Bâle, 1567). Il faut descendre juqu'à la mappemonde de Mercator (Duisburg, 1569) pour trouver une carte du Grœnland aussi bonne que celle des Zeno, mais c'est qu'elle a été copiée sur la leur. Les nombreux cartographes postérieurs qui ont omis de faire de même ont perpétué jusqu'au XVIIe siècle de plus mauvaises configurations du Grœnland.

pas fondé à dire que Nic. Zeno le Jeune ait fait un pastiche de celles-ci ; tout au plus, leur a-t-il fait quelques emprunts. Sa principale source est, nous dit-il, « la *carta da navigare*, que je me trouve avoir encore dans les archives de notre maison ; quoiqu'elle soit pourrie et tombe de vétusté, j'ai réussi assez bien » à la copier (1). Il ajoute ailleurs que Zichinni explora tout l'Engroneland, ainsi que les rivières [golfes] situées des deux côtés. Il l'inférait de ce que cette contrée était cartographiée en détail, quoique la relation du voyage fût perdue (2).

Ne revendiquant ni pour lui ni pour sa famille le mérite d'avoir été le premier à relever les côtes du Grœnland, il mérite d'autant mieux d'être cru quand il attribue la reconnaissance de ces plages à Zichinni, sans savoir d'ailleurs si ce dernier, comme il en avait bien le droit, s'était aidé de travaux supposables de navigateurs scandinaves ou autres. Il ne donne même pas à croire qu'Antonio Zeno ait pris la moindre part à cette exploration, puisqu'il le fait repartir pour le sud avant qu'elle ait eu lieu (3). Il laisse à un corsaire des Færœs tout l'honneur d'avoir fait mieux qu'aucun des géographes des deux siècles suivants et, étant lui-même désintéressé dans la question, il n'avait aucun motif de donner comme auteur du remarquable portulan du Grœnland un obscur navigateur frislandais et d'avantager ainsi un étranger au détriment de quelque explorateur également inconnu dont les levers auraient servi à dresser la fameuse carte de la bibliothèque Zamoiski ou l'une de celles de Donnus

(1) Di queste parti di tramontana m'è paruto di trarne una copia della *Carta da navigare*, che ancora mi trovo havere tra le antiche nostre cose di casa ; la quale, con tutto che sia marcia é vecchia di molti anni m'è riuscita assai bene (Nic. Zeno le Jeune, dans *Relat.* édit. Major, pp. 5 et 6).

(2) Perche la veggo particolarmente discretta nella *Carta da navigare*, nondimeno la narratione è perduta (Id. *ibid.*, p. 33).

(3) *Rel. des Zeno*, pp. 32 et 33 de l'édit. Major.

Nicolaus Germanus (vers 1474) ou de Waldseemüller (1516) ou toute autre indûment préférée à celle des Zeno.

Après ces rapides considérations générales sur la véracité des frères Zéno et la sincérité de leur éditeur, examinons quelques points obscurs se rattachant plus particulièrement à la présente étude. Sur leur carte marine, un littoral accompagné de son nom *Estotiland* (1) et ne portant d'autres indications topographiques que trois monts, deux rivières et deux villes, est placé au sud-ouest du Grœnland et à l'ouest-sud-ouest d'un groupe de croix, qui marque, croyons-nous, la vraie situation de la Frislanda (2) (Færœs), entre l'Islande et les Shetlands. L'*Icaria* qui est au nord-ouest de l'Estotilanda et au sud-ouest de la pointe méridionale du Grœnland, est donnée comme une grande île et ne peut correspondre qu'à Terre-Neuve, tandis que l'Estotilanda, qualifiée d'île un peu moins grande que l'Islande, doit être la péninsule située au sud de l'estuaire du Saint-Laurent, c'est-à-dire le Nouveau-Brunswick et la Gaspésie.

On ne doit pas prendre à la lettre la vague appréciation du pêcheur frislandais qui croyait l'Estotilanda située à 1000 milles à l'ouest des Færœs ; mais cette indication a dû tromper Zichinni et Ant. Zeno, puisque, pour y aller, la flotte frislandaise fit voile du côté de l'ouest ; or si elle avait continué à naviguer dans cette direction, elle fût arrivée vers la partie méridionale du Grœnland qui

(1) *Sic* sur la carte des Zeno, au lieu d'*Estotilanda* que porte leur relation (pp. 19, 24 et 25 de l'édit. Major).

(2) Ce qui nous autorise à le supposer, c'est que ces croix occupent à peu près la position réelle des Færœs entre l'Islande et les Shetlands. Comme le cartographe n'aurait pu tracer la configuration de ce groupe d'îlots dans cette carte à une si petite échelle, il s'est borné à indiquer leur vraie situation, en rejetant plus loin vers le sud-ouest, dans un espace vide de l'Océan Atlantique, la carte spéciale de la Frislande dressée à une échelle 50 à 60 fois plus grande. Comme on le fait souvent pour les cartes marines, il n'a dessiné que les contours extérieurs, sans tenir compte des étroits bras de mer qui séparent les îlots, de sorte que tous ceux-ci paraissent former un seul petit continent.

est assez éloignée de Terre-Neuve ou, pour mieux dire, de l'Icaria, comme Ant. Zeno le constata dans le cours de la même expédition. Il faut donc admettre que la tempête fit dévier la flotte vers le sud-ouest et la poussa à l'ouest d'une des deux longues presqu'îles méridionales de Terre-Neuve, soit celle qui s'avance vers Saint-Pierre et les Miquelons, soit plutôt celle d'Avalon, car si l'on admet (1) que la flotte de Zichinni était à l'ouest de la terre lorsqu'elle la découvrit, soit dans la baie de Plaisance, soit dans celle de Sainte-Marie, elle se trouvait alors à peu de distance du port oriental qu'elle gagna en faisant le tour de l'île (2). Il est naturellement impossible et d'ailleurs inutile de chercher, d'après des données incomplètes, à déterminer de quel port il s'agit ici : on a le choix entre de nombreuses anses situées à l'est de la péninsule d'Avalon et l'excellent port de Saint-John qui est le siège actuel du gouvernement insulaire.

La flotte continua de longer Terre-Neuve et, après avoir doublé soit l'îlot de Quirpon, soit le Cap Normand, elle eut à éviter les écueils semés dans le détroit de Belle-Isle et sur la côte occidentale de l'île, comme les récifs des Fleurs, ceux de Vieux-Férolle et de l'Ile Verte, ceux des Ilots aux Phoques, ceux de Pointe-Férolle à la baie Saint-Jean, ceux du Cap des Vaches et du Cap Grégoire Port-à-Port (3). Elle acheva le tour de Terre-Neuve en regagnant son point de départ, le cap de l'est, où Zichinni tenta vainement de se mettre de nouveau en relation avec l'Islandais. De tous les interprètes, celui-ci fut le seul compris des navigateurs : l'idiome des Færœs est en effet très rapproché de l'islandais et, quoique le frison alors parlé dans le sud de ce groupe d'îles en soit un peu

(1) Voy. *supra*, p. 124, note 3.

(2) Circondando l'isola si cacciò .. in un porto mostratogli dalla banda di levante (*Rel. des Zeno*, édit. Major, p 28).

(3) Voy. Edm. M. Blunt, *The American Coast Pilot*, 21e édit. New-York, 1867, gr. in-8°, pp. 28, 55 et 57.

plus éloigné, il est pourtant de la même famille, et les Frislandais nordatlantiques n'étaient pas sans savoir le dialecte de leurs voisins et sujets d'origine scandinave.

Le nom d'*Icaria*, qui est attribué à Terre-Neuve et qui semble donner à la relation un caractère fabuleux (1), en est au contraire la confirmation indirecte, car il n'a évidemment rien à faire avec le fils de l'Athénien Dédale : l'expression « dicono » (on rapporte) (2), employée à propos de ce dernier, indique assez que la généalogie est une interpolation d'Antonio ou de Nicolò Zeno le Jeune, induits en erreur par une réminiscence classique. L'origine écossaise de la dynastie n'a rien d'invraisemblable, puisque, au moyen âge, le nom de *Scot* était appliqué tout à la fois aux Gaëls d'Irlande et à ceux d'Albanie, et que les Scandinaves signalent des Gaëls sur les rives du golfe Saint-Laurent au xe siècle (3) et que le pêcheur frislandais en retrouva, comme on va le voir, dans l'Estotilanda.

Les chefs écossais de Terre-Neuve pouvaient à juste titre être qualifiés d'Icares, puisqu'ils régnaient sur un pays de ce nom. On sait, en effet, par des documents

(1) Si un commentateur, ignare ou sans critique, de quelque relation ancienne où il serait parlé de la mer de Kara, à l'est de la Nouvelle-Zemble, ou de la péninsule de Kerry, au sud-ouest de l'Irlande, mettait un de ces noms en connexion avec celui d'Icare, il ne s'ensuivrait pas que cette mer ou cette presqu'île n'eussent jamais existé ou que la relation fût controuvée.

(2) Disse che l'isola si chiamava Icaria, e che tutti i re, che haveano regnato in quella si chiamarono Icari dal primo re che vi fu, che dicono esser stato figliuolo di Dedalo, re di Scotia (*Rel. des Zeno*, édit. Major, p. 27). — Serait ce là un écho de l'une de ces traditions grecques, soit sur Saturne et Hercule, que Plutarque (voy. notre mémoire sur l'*Élysée des Mexicains*, dans la REVUE DE L'HISTOIRE DES RELIGIONS, 1884, t. X, pp. 3-5) dit avoir été répandues sur le littoral de la Méotide transatlantique [golfe de Saint-Laurent], soit sur les Amazones et que nous signalons comme ayant été fort anciennement connue dans les deux Amériques (*La Fable des Amazones chez les indigènes de l'Amérique précolombienne*, devant paraître en 1904 dans la REVUE DES QUESTIONS HISTORIQUES). — Le nom d'Ikâriâ, fort commun dans la nomenclature géographique des Kalalis, aurait pu donner idée de localiser la légende de Dédale chez les Esquimaux de Terre-Neuve.

(3) E. Beauvois, *La Découverte du Nouveau Monde par les Irlandais*, passim ; *Les Colonies europ. du Markland et de l'Escociland*, p. 13.

scandinaves (1) que les Skrælings ou Esquimaux (2) habitaient anciennement l'île de Terre-Neuve ou Petit-Helluland, appelé ainsi par opposition au Grand-Helluland ou Labrador ; il y en avait même dans le Markland et beaucoup plus loin vers le sud, dans le Vinland (3) ou littoral nord-est des États-Unis. Même dans les temps modernes où ils ont partout cédé la place aux Peaux-Rouges, si ce n'est dans le Grœnland et quelques parties des terres boréales, ils continuèrent à fréquenter les parages de Terre-Neuve et, jusqu'au XVIIIe siècle, on n'avait jamais rencontré dans cette île d'autres indigènes que des Esquimaux venus du Labrador pour chasser et trafiquer (4). Il est donc permis de penser qu'ils ont donné à Terre-Neuve un nom tiré de leur langue ; or dans le kalali, dialecte esquimau du Grœnland, qui est encore habité par les descendants des Skrælings, nous trouvons beaucoup de localités appelées *ikâriâk* (avec suffixe *ikâriâ)* et *ikârbik* ou *ikarblik* (lieu d'où l'on passe à travers un détroit, un golfe, un cours d'eau) ou de noms de même racine, comme *ikardluk* (récif, banc, bas-fond), *ikarisak* (détroit), *ikera* (baie), *ikerdlek* (île dans un golfe), *ikersoak* (grand golfe) (5). L'*Icaria*, ou sous sa forme kalali

(1) *Gripla*, dans *Grœnlands historiske Mindesmærker*, t. III, Copenhague, 1845, in-8°, p. 225, cfr. p. 227.

(2) Sur ce peuple, voyez notre mémoire sur *Les Skrœlings ancêtres des Esquimaux*.

(3) *Islendingabók*, ch. 5, dans *Grœnlands hist. Mindesm.*, t. I, p. 270, cfr. pp. 228, 229, 240-244, 422-430 et 716.

(4) Baron de Lahontan, *Mém. de l'Amérique septentr.*, Amsterdam, 1728, in-18, t. II, p. 33 ; P. F.-X. de Charlevoix, *Hist. de la Nouvelle-France*, Paris, 1744, in-4°, t. I, p. 421 ; t. III, p. 178.

(5) O. Fabricius, *Den grœnlandske Ordbog*, Copenhague, 1804, in-18, pp. 94 et 95 ; Sam. Kleinschmidt, *Den grœnl. Ordbog*, ibid., 1871, in-8°, pp. 78 et 79 ; H. Rink, *Orthogr. et étymol. des noms de lieu en grœnlandais*, supplém. à *Mineralogiske Reise i Grœnland* de Gjesecke, publié par F. Johnstrup, ibid., 1878, in-8°, pp. 359 et 360 ; et *The Eskimo Tribes*, ibid., 1887, in-8°, p. 100 (ces deux ouvrages formant les t. I et IX de *Meddelelser om Grœnland)* ; Fr. Boas, *The central Eskimo*, p. 665 de SIXTH ANNUAL REPORT OF THE BUREAU OF ETHNOLOGY, 1884-1885, édité par J.-W. Powell, Washington, 1888, grand in-8°.

Ikâriâ, serait donc la contrée à travers laquelle passaient (1) les Esquimaux du Grœnland ou du Labrador pour rejoindre leurs congénères du Markland (Nouvelle-Écosse) ou du Vinland (États-Unis).

Que les Skrælings de l'Icaria aient reçu des lois d'un prince écossais, on n'en saurait être surpris, quoique le fait ne soit confirmé par aucun autre témoignage ; il n'est du moins pas sans analogues : Terre-Neuve a toujours été dans les temps modernes sous la dépendance de souverains (Français ou Anglais) qui comptent parmi leurs sujets des Gaëls d'Irlande et d'Écosse ou leurs congénères (Gallois et Armoricains) ; et, pendant des périodes plus ou moins longues du moyen âge, les contrées les plus voisines de Terre-Neuve ont été occupées par des Européens : le Grœnland, le Markland et le Vinland par des Scandinaves, le littoral de la puissance canadienne par des Gaëls qui, eux aussi comme les chefs de l'Icaria, prohibaient toute relation entre leurs sujets et les étrangers (2). Le parallélisme ne se bornait pas à cette sévère xénélasie, il s'étendait aussi aux noms des colonisateurs : *Estotilanda*, comme le Nouveau-Brunswick est appelé par Ant. Zeno, n'étant qu'une forme de *Scotland*, et ces deux noms étant synonymes de Pays des Gaëls, soit d'Écosse, soit d'Irlande.

(1) C'est ainsi qu'un îlot des Antilles, situé entre Puerto-Rico et l'île de Saint-Thomas, est nommé *Pasage* (alias *Culebra*). Il y a en France et en Espagne plusieurs localités nommées *Passage*, sans compter que ce mot entre (sous les formes de πόρος en grec, *ford* en anglais, *furt* en allemand, *port* en français) dans la composition de beaucoup d'autres dénominations géographiques. Chez les Grecs et les Romains, le passage qui unit la mer d'Azov à la mer Noire, le détroit de Caffa ou Bosphore cimmérien, a donné son nom à toute une grande contrée située sur ses deux rives, le *Regnum Bosporanum*.

(2) *Eyrbyggja Saga*, ch. 47. — Cfr. *La Découverte du Nouveau-Monde par les Irlandais*, pp. 53 et 54.

II. LE RÉCIT DU PÊCHEUR FRISLANDAIS ET SA VÉRACITÉ

Quoique le récit du pêcheur frislandais eût précédé l'expédition en Icaria, nous avons dû le laisser de côté pour ne pas séparer du voyage du narrateur celui d'un *Papa* ou prêtre de race blanche qui l'avait soit accompagné, soit suivi peu après au Mexique. Comme nous en avons déjà donné le texte et la traduction (1), il suffira de reproduire celle-ci pour que le lecteur puisse facilement suivre nos explications. Nicolò Zeno le Jeune, qui nous a transmis cette curieuse relation, avec celle de l'expédition à laquelle elle donna lieu (2), y ajouta quelques lignes d'avant-propos : « Le conquérant de la Frislanda, dit-il, Zichinni, homme d'intelligence et de valeur, avait sérieusement pris à cœur de se rendre maître de la mer. Pour tirer bon parti de Messire Antonio [Zeno], il voulut l'envoyer avec quelques navires vers le couchant, car de ce côté certains de ses pêcheurs avaient découvert des îles très riches et très populeuses ; découverte que M. Antonio raconte dans une lettre à M. Carlo, son frère, en ces termes presque textuels, si ce n'est que quelques mots anciens et le style ont été modifiés, mais la matière est conservée dans son essence (3) :

» Il y a vingt-six ans partirent quatre embarcations de pêcheurs qui, assaillis par une grande tempête, marchèrent plusieurs jours, comme perdus à travers la mer, jusqu'à ce que finalement, l'air s'étant calmé, ils découvrissent une île appelée Estotilanda, située au couchant à la distance de plus de mille milles de la Frislanda. Sur le littoral se brisa une des embarcations et six hommes qu'elle portait furent pris par les insulaires et emmenés à

(1) Dans *Les Colonies europ. du Markland et de l'Escociland*, pp. 25-31.

(2) C'est le voyage vers l'Icaria, déjà raconté (*supra*, pp. 125 et suiv.).

(3) *Relat. des Zeno*, pp. 18 et 19 de l'édit. Major.

une cité très belle et très peuplée, où le roi qui en était seigneur fit venir beaucoup d'interprètes ; mais il ne s'en trouva aucun qui sût la langue de ces pêcheurs, si ce n'est un latin qui avait été fait prisonnier à la suite d'un naufrage (1). Celui-ci, leur ayant demandé de la part du roi qui ils étaient et d'où ils venaient, nota le tout et le rapporta au roi, lequel, après en avoir été informé, voulut qu'ils demeurassent dans le pays. Les pêcheurs s'étant soumis à cet ordre parce qu'ils ne pouvaient faire autrement, restèrent cinq ans dans l'île, dont ils apprirent la langue et dont l'un d'eux notamment visita plusieurs parties. D'après lui, elle est très riche, copieusement pourvue de tous les biens du monde et n'est guère moindre que l'Islande, mais plus fertile. Il y a au milieu une montagne très élevée où naissent quatre rivières qui l'arrosent. Les habitants sont ingénieux ; ils possèdent les mêmes arts que nous et l'on croit qu'autrefois ils ont été en relations avec les nôtres, puisque le narrateur dit avoir vu dans la bibliothèque du roi des livres latins qui ne sont plus compris des insulaires. Ils ont une langue et des lettres particulières ; ils extraient toutes sortes de métaux et ont surtout de l'or en abondance. Leurs relations commerciales sont avec l'Engroneland (2), d'où ils tirent les pelleteries, le soufre et la poix (3). Vers le midi, il y a un grand pays, très riche en or et populeux. Ils sèment du grain et brassent de la cervoise, sorte de boisson dont les peuples du Nord font usage, comme nous faisons du vin. Ils ont des bois d'une immense étendue et en font des murailles. Il y a beaucoup de cités et de châteaux. Ils construisent des embarcations et naviguent, mais ils ne

(1) *Rel. des Zeno*, p. 19.

(2) C'est le nom qui est porté sur la carte pour désigner la partie méridionale du Grœnland des Zeno, c'est-à-dire le Grœnland propre ; celui de *Grolandia* est placé au nord-est du Monastère de Saint-Thomas, c'est-à-dire sur les glaces permanentes qui s'étendent du Grœnland au nord de la Sibérie

(3) *Rel. des Zeno*, p. 20 de l'édit. Major.

possèdent pas la calamite et ne savent pas trouver le nord au moyen de la boussole. C'est pourquoi ces pêcheurs furent très appréciés, de sorte que le roi les envoya avec douze navires vers le sud, dans un pays qu'ils nomment *Drogio* (1).

» Mais en route ils furent assaillis par un si furieux ouragan qu'ils se croyaient perdus. Ils échappèrent pourtant à une mort cruelle pour tomber dans une situation encore pire, parce qu'ils furent pris sur le littoral et pour la plupart dévorés par les féroces habitants, qui mangent de la chair humaine et la tiennent pour une viande très savoureuse. Le pêcheur et ses compagnons sauvèrent leur vie en montrant la manière de pêcher avec des filets qu'il tendait chaque jour en mer (2) ou dans les eaux douces, et il prenait assez de poissons qu'il donnait aux chefs. Par là il se mit si bien en faveur que chacun le chérissait, l'aimait et l'honorait beaucoup. Sa réputation se répandit chez les peuples du voisinage, et un chef des environs éprouva un si grand désir de l'avoir près de lui et de voir avec quel art admirable il savait prendre le poisson, qu'il fit la guerre à celui chez qui se trouvait le pêcheur. Il finit par avoir le dessus, étant plus puissant et belliqueux, et le pêcheur lui fut envoyé avec les autres. Pendant les treize années consécutives qu'il demeura dans ces contrées, il dit avoir été livré de cette façon à plus de vingt-cinq maîtres, celui-ci faisant toujours la guerre à celui-là et tel à tel autre, uniquement pour avoir le pêcheur, lequel erra ainsi sans rester longtemps dans un même lieu, de sorte qu'il connut et parcourut presque toutes ces contrées. Il représente ce pays comme très vaste et pour ainsi dire comme un nouveau monde ; mais la population est rustique (3) et privée de tous biens. Comme tous vont nus, ils souffrent cruellement du froid, ne sachant pas se

(1) *Rel. des Zeno*, p. 21.
(2) *Ibid.*, p. 21.
(3) *Ibid.*, p. 22.

couvrir des peaux d'animaux qu'ils prennent à la chasse. Ils n'ont aucune sorte de métal, vivent de gibier et portent des lances de bois, aiguisées au bout, et des arcs dont les cordes sont faites de cuir. Ce sont des gens d'une grande férocité qui se combattent à mort et se mangent les uns les autres. Ils ont des chefs et certaines lois bien différentes selon les lieux. Mais plus on va vers le sud-ouest, plus on trouve de civilisation à cause de la douceur de la température; de sorte qu'il y a là des cités, des temples d'idoles où l'on sacrifie des victimes humaines que l'on mange ensuite. Dans cette contrée on a quelque connaissance de l'or et de l'argent.

« Le pêcheur, après avoir passé de si nombreuses années dans ce pays, résolut de regagner, si c'était possible, sa patrie. Mais ses compagnons, désespérant de la revoir, le laissèrent partir en lui souhaitant bon voyage et restèrent où ils étaient. Leur ayant fait ses adieux, il s'enfuit (1) à travers les bois vers Drogio et fut très bien accueilli du chef voisin qui le connaissait et était en grande hostilité avec l'autre. Il alla ainsi des mains de tel à celles de tel autre au pouvoir duquel il avait déjà été et, après beaucoup de temps et assez de peines et de fatigues, il regagna finalement Drogio, où il habita trois ans de suite, jusqu'à ce que, par un heureux hasard, il apprit des habitants qu'il était arrivé à la côte quelques navires. En ayant conçu bon espoir de réaliser son dessein, il se rendit vers la mer et demanda aux navigateurs de quel pays ils étaient. Il apprit avec grand plaisir qu'ils venaient de l'Estotilanda et, les ayant priés de l'emmener, il fut volontiers accueilli parce qu'il savait la langue du pays. Comme aucun autre n'entendait celle-ci, ils firent de lui leur interprète. Il réitéra avec eux ce voyage, de sorte qu'il devint très riche. Ayant lui-même construit et armé une embarcation, il revint en Frislanda, apportant

(1) *Rel. des Zeno*, p. 23.

au seigneur d'ici la nouvelle de ce pays richissime. Il trouve pleine créance en tout à cause des marins [*qui l'accompagnent*] (1) *et de beaucoup de choses nouvelles qui attestent la réalité de tout ce qu'il rapporte* (2). »

C'étaient là en effet des raisons sérieuses d'ajouter foi aux récits du pêcheur ; peut-être des doutes sur l'existence d'un continent transatlantique s'élevèrent-ils dans l'esprit d'Antonio Zeno, après les infructueuses tentatives pour retrouver ce « paese grandissimo e quasi un nuovo mundo ». Cent ans plus tard ils n'eussent plus été de mise, après les découvertes de Chr. Colomb et de ses émules. En ce point donc les récits du pêcheur ont reçu une éclatante confirmation. Méritent-ils également, pour le reste, la créance que leur accordaient les contemporains ? Ceux-ci voyaient une garantie de véracité dans la concordance des témoignages des marins venus de l'Estotilanda et dans les objets exotiques rapportés par eux. Ces témoins que nous ne pouvons plus interroger, ces raretés depuis longtemps disparues ne peuvent plus influer sur notre conviction, mais il est un fait qui la commande : le pêcheur était si sûr de ce qu'il avançait qu'il s'offrait à montrer aux explorateurs frislandais la route du nouveau continent et, après sa mort, ceux-ci furent guidés par des gens qui avaient fait le voyage avec lui et qui n'auraient certes pas voulu endosser la responsabilité de mensonges débités par un imposteur trépassé. Le proverbe « a beau mentir qui vient de loin » n'est pas applicable à ceux qui n'hésitèrent pas à faire preuve de leur sincérité en repartant pour l'Estotilanda. S'ils n'ont pas réussi à y conduire la flotte de Zichinni, c'est par suite d'une circonstance indépendante de leur volonté. Il suffit qu'on ait plus tard

(1) Tre di à punto avanti la nostra partita, mori il pescatore, che aveva da essere nostra guida, ... prendendo per guide in cambio del nostro pescatore alcuni marinai *che erano tornati con lui* (*Relat. des Zeno*, p. 23).

(2) Ed à tutto se gli dà fede per i marinai, *e molte cose nuove che approvano essere vero, quanto egli ha rapportato* (*Ibid.*, pp. 24 et 25).

constaté l'existence d'un grand continent dans la direction où ils l'indiquaient, pour qu'on ne les taxe pas d'imposture, ni Antonio Zeno de crédulité, ni la lettre sur l'Estotilanda de fiction à la De Foe. Car si l'on soupçonne Nicolò Zeno le Jeune d'avoir forgé le récit du pêcheur Frislandais, comment expliquera-t-on qu'il l'ait fait d'une manière si conforme à la réalité ?

Ce n'est pas en empruntant à des géographes et à des cartographes de son siècle les détails positifs et vrais qu'il donne sur l'orographie et la cartographie de l'Estotilanda ou Nouveau-Brunswick, sur l'immensité de Drogio, le pays des Peaux-Rouges et les mœurs de ses habitants (1). Il ne connaissait pas les documents islandais qui lui auraient révélé l'existence d'une colonie de Scots ou Gaëls dans les parages du Golfe Saint-Laurent, sur les rives orientales duquel il place une dynastie d'origine écossaise, et sur la rive occidentale un *pays d'Écossais*, comme s'explique le nom d'*Escotilanda* sans qu'il s'en doutât ; il n'était pas versé dans la langue kalali qui lui aurait donné l'explication du nom d'*Icaria*. C'est plus de cent ans après sa publication (1558) que des explorateurs français firent connaître les bassins du Mississipi et du Missouri (2). Il

(1) Elles sont trop vaguement esquissées pour que nous attachions une grande importance à ce dernier point, quoique l'éminent investigateur A. E. Nordenskiöld ait dit : « Les voyages des pêcheurs frislandais en Estotilanda et à travers le grand continent voisin ont un incontestable caractère d'authenticité. Leur relation remplie de quantité de détails remarquables est complètement d'accord avec ce que l'Europe n'apprit pas, avant les XVIIe et XVIIIe siècles, des mœurs des sauvages du Canada et des États-Unis... En 1558, de pareils récits n'auraient pu être faits d'imagination par personne, pas même par ceux des savants d'alors qui étaient les plus habiles et les meilleurs connaisseurs des divers peuples du monde » (*Studier och forskningar föranledda af mina resor i höga Norden*. Stockholm, 1885, in-8°, pp. 56 et 57). — Il n'est pas moins affirmatif dans son *Periplus*, esquisse de la plus ancienne histoire des cartes marines et des routiers (Stockholm, 1897, in fol., p. 87) : « Personne n'avait aux XVe ou XVIe siècles assez de connaissances pour forger la description des habitants des pays situés au sud de l'Estotiland, laquelle sous beaucoup de rapports caractérise si bien les ribus indiennes de l'Amérique ».

(2) Sur la pl. VII de la belle carte de l'Amérique septentrionale que

n'eut certainement pas accès aux relations espagnoles qui auraient pu le renseigner sur la Californie et le Nouveau Mexique : J. Ponce de Léon (1513, 1521) regardait la Floride, c'est-à-dire l'unique partie alors connue des États-Unis, comme une île ; Lucas Vásquez de Ayllon (1521, 1526) n'avait exploré que le littoral atlantique ; Cabeza de Vaca (1528-1536) et Hernando de Soto (1539-1542) n'avaient parcouru que la zone méridionale des États-Unis ; sur le versant du Pacifique, les explorateurs qui s'étaient avancés le plus loin vers le Nord, Márcos de Nizza (1539) et Francisco Vásquez Coronado (1540-1542) n'avaient pas dépassé le 40° de lat. N. A supposer qu'il ait pu se procurer leurs rapports officiels ou les relations de leurs compagnons, il n'y aurait rien trouvé sur les contrées froides de l'intérieur des États-Unis situées à l'ouest de Drogio ; il aurait même été induit en erreur par Pedro de Castañeda qui avait fait partie de l'expédition de Coronado et qui appelait *India Major* et *China* une partie de l'Asie contiguë, selon lui, à la Florida et à la Cibola (1).

Si Nicolò Zeno n'avait pas eu sous les yeux des mémoires de famille pour le renseigner sur l'étendue, le climat, les mœurs et institutions de ce vaste territoire du *Far West* resté inconnu jusque vers la fin du XVIIe siècle, on ne peut supposer qu'il ait pu, par intuition, le décrire à grands traits avec une exactitude aussi approximative. S'il eût forgé les lettres, la relation et la carte des Zeno, il ne se serait probablement pas contenté d'un récit fort simple n'ayant d'intérêt que par la réalité des faits et n'augmentant en rien la réputation de ses ancêtres ; il aurait vrai-

M. G. Marcel pense n'être pas postérieure à 1682, on lit « Terres inconnues » dans l'espace vide situé au couchant du Mississipi et au nord de la Nouvelle Biscaye (*Reproduction de cartes et de globes relatifs à la découverte de l'Amérique, du XVIe au XVIIIe siècle, avec texte explicatif*. Atlas in-fol., Paris, 1893 ; et texte in-4°, Paris, 1894).

(1) Voyez le texte et la traduction de sa relation dans FOURTEENTH ANNUAL REPORT OF THE BUREAU OF ETHNOLOGY, 1892-1893, publié par le directeur J.-W. Powell, Washington, 1896, part. I, pp. 447, 455, 513, 525 et 526.

semblablement composé une histoire romanesque remplie d'aventures extraordinaires et de traits merveilleux, ou bien, s'il manquait d'esprit inventif, il aurait fait un pastiche des notions relatives aux parties alors connues des États-Unis et copié les cosmographes en renom. Or il est, tout au contraire, en opposition avec les quatre écoles entre lesquelles on peut les classer : 1° ceux qui unissaient l'Amérique du Nord à l'Asie et en faisaient, au lieu d'un nouveau monde (1) (qualification longtemps réservée ou donnée spécialement à l'Amérique du Sud) (2), une petite annexe de l'ancien (3) ; 2° ceux qui laissaient en blanc le nord ouest des États-Unis ou qui n'y savaient mettre que la légende *Terra* ou *regio incognita* (4) ; 3° ceux qui, se

(1) E dice il paese essere grandissimo e quasi un nuovo mondo (*Rel. des Zeno*, édit. Major, p. 22).

(2) Par exemple : le Globe Lenox vers 1512 ; Carte espagnole officielle de 1527 ; Ribero, 1529 ; J. Oliva, 1613 ; B. Agnese, 1556 ; Münster, 1540 ; Globe d'Ulpius, 1542 (B. F. de Costa, *Verrazano the Explorer*, New-York, 1881, in-4° ; *Narrative and critical History of America*, edited by Justin Winsor, Londres, gr. in-8°, t. III, 1886, p. 212 ; t. IV, 1886, pp. 40, 41 et 42 ; Walter B. Scaife, *America, its geographical history, 1492-1892*, Baltimore, 1892, in-8°, pp. 67, 69 et cartes 4 et 5).

(3) Voyez les éditions de Ptolémée, 1508, 1548, 1562 ; Franciscus Monachus, 1526 ; Orontius Finæus, 1531 ; Caspar Vopell, 1545 ; Gastaldi, 1546 et 1562 ; Desceliers, 1550 ; Diego Homem, 1568 ; Globe d'argent de Nancy (A. E. Nordenskiöld, *Facsimile-Atlas till Kartografiers äldsta historia*, Stockholm, 1889, in-fol., cartes 41, 43 et *Periplus*, p. 165 ; Carte 1 du mémoire du Dr H. Michow, sur C. Vopell, dans le t. I de *Hamburgische Festschrift zur Erinnerung an die Entdeckung Amerika's*, Hamburg, 1892, gr. in-8° ; Schœtter, notes sur Vespuce et le Globe d'argent de Nancy, dans *Compte rendu des séances du 2e Congrès intern. des Américanistes à Luxembourg*, 1877, t. I ; Winsor, *op. cit.*, t. III, pp. 11, 13 ; W. B. Scaife, *op. cit.*, pp. 9, 15, 24, 29 et 61 ; — *The Mappemonde by Desceliers of 1550*, (British Museum, Add. Ms. 24 065), carte 5 ; Sophus Ruge, *The Development of the Cartography of America up to the year 1570*, pl. 55, 45, dans ANNUAL REPORT OF THE SMITHSONIAN INSTITUTION, 1894, t. I. Washington, 1896, in-8°). — Sur toutes ces cartes Culiacan, Cibola, Florida, Terre-Neuve ou Grœnland voisinent avec Tangut (Toungouses), Mangi (Mandchoux), Catay, China.

(4) Mappemonde Harleyenne, vers 1556 ; Mercator, 1558 ; Alonso de Santa-Cruz, 1542 ; Sébastien Cabot, 1544 ; Édit. de Ptolémée, 1548 et 1561 ; Ramusio, t. III, 1556 ; Carte de l'Amérique du Nord, Venise, 1566 ; Carte espagnole de 1575. (*The Harleian Mappemonde circa 1556. British Museum, Add. Ms. 5415*, feuille 1 ; J. G. Kohl, *History of the Discovery of*

représentant l'Amérique du Nord comme un pays relativement petit et étranglé entre deux mers, dont l'une fort étroite le séparait de Zipangu (Japon), n'auraient pas eu lieu de l'appeler *grandissimo paese* (1) ; enfin 4° ceux qui mettaient entre la zone froide des États-Unis et la zone tropicale une immense mer dite *de Verrazano* (2), laquelle aurait couvert presque tout le territoire de la grande fédération actuelle (3).

Le pêcheur frislandais, en dépeignant les pays contigus

Maine, Portland, 1869, in-8°, carte 20 ; *Épilogue de la Géographie du moyen âge*, par F. Lelewel, Bruxelles, 1857, in-8° ; A. E. Nordenskiöld, *Facsimile-Atlas*, p. 129 et carte 45 ; et *Periplus*, carte 50 et p. 165 ; *Fourteenth Report* of J.-W. Powell, t. 1, cartes 40 et 41).

(1) Joh. de Stobnieza, 1512 ; *Mappamundi*, vers 1515 ; Apianus, 1520 ; Schoner, 1520 ; Edit. de Ptolémée, Bâle, 1530 ; Sim-Grynæus, 1552 ; Portulan de 1556 ; Diego Homem, 1540 et 1558 ; Ant. Florianus, vers 1550 ; Gemma Frisius, 1551 ; Demoncenet, 1552 ; Mappemonde de 1554 ; Or. Finæus, 1556 ; Zaltieri, 1566 (Kohl, *op. cit.*, cartes 7, 15, 21 ; S. Ruge, *op. cit.*, p. 54 ; Winsor, *op. cit.*, t. III, p. 670 ; A. E. Nordenskiöld, *Facsimile-Atlas*, pp. 81, 89, 105 ; cartes 34, 37, 38, 42 et 45 ; et *Periplus*, p. 146).

(2) On ne sait au juste ce qui a donné lieu à cette singulière méprise, mais il est assez vraisemblable que Giovanni da Verrazano, longeant le cordon littoral presque ininterrompu qui sépare de la haute mer les larges lagunes d'Albemale et de Pamplico, les aura prises pour un golfe de l'Océan Pacifique. Cette levée sablonneuse est en effet représentée par un isthme étroit et fort long sur deux cartes à peu près contemporaines qui remontent évidemment à une même source : l'une du génois Vesconte de Maiollo composée en 1524 ou 1527, l'autre dressée en 1529 par Hieronimo da Verrazano, frère du célèbre explorateur. Sur celle-ci on lit : « De cette mer orientale [l'Atlantique] on voit la mer de l'ouest [Pacifique] ; entre les deux, il y a six milles de terre. » Cette légende est placée au sud du cap d'Olimpo que M. B.-F. de Costa, auquel est étrangère la présente explication, identifie avec le cap Hatteras, l'un des points saillants du cordon sablonneux de la Caroline Septentrionale (*Verrazano the Explorer*, p. 49). On ne peut supposer que les navigateurs européens fussent dès 1524 assez familiers avec les langues des indigènes pour obtenir de ceux-ci des renseignements sur les grands lacs du Canada, qu'ils auraient démesurément agrandis et prolongés jusqu'au littoral des Carolines.

(3) Vesconte de Maiollo, 1524 (probablement avec retouches en 1527, comme semble l'indiquer une seconde légende sur la même carte) ; Hieronimo da Verrazano, 1529 : Georgio Sideri, dit Calapoda, entre 1537 et 1565 ; Ptolémée, de Bâle 1540 ; Globe d'Ulpius, 1542 ; Ruscelli, 1544 ; M. Lok, 1582 (De Costa, *Verrazano* ; Kohl, *op. cit.*, cartes 15, 15 ; Winsor, *op. cit.*, t. IV, pp. 26, 59 ; Nordenskiöld, *Periplus*, carte 26, et *Facsimile-Atlas*, p. 115 ; Eben Norton Horsford, *Discovery of America by Northmen*, Boston, 1888, in-4°).

à Drogio, non comme une île ou un simple appendice de la grande Asie, mais comme un nouveau monde ; en parlant de l'immensité de ce continent, des chasseurs qui l'occupaient et qui se faisaient continuellement la guerre, de leur férocité, de leur anthropophagie, de leur nudité, de l'existence de nombreuses tribus indépendantes l'une de l'autre et ayant chacune ses institutions propres ; en signalant leur ignorance des métaux et la rigueur de l'hiver, cet explorateur anonyme du XIVe siècle, disons-nous, devançait de cent cinquante à deux cents ans, non seulement les auteurs des quatre types de cartes énumérés plus haut, mais encore les cosmographes qui, les premiers après Nicolò Zeno le Jeune, commencèrent à donner au grand public une idée juste de la configuration de la zone moyenne de l'Amérique septentrionale. La connaissance anticipée de ce que l'on ne vérifia que dans le dernier tiers du XVIe siècle est le meilleur garant de l'authenticité des récits de l'obscur pêcheur. Ceux qui n'ont pas été directement confirmés par des découvertes postérieures n'ont du moins rien d'invraisemblable et l'on ne serait autorisé à les traiter de fables que s'il était absolument impossible de les expliquer rationnellement. Mais ce n'est aucunement le cas, car, à part quelques obscurités qui restaient encore et dont nous pensons avoir déjà éclairci un certain nombre (1), toute la relation concorde parfaitement avec les notions acquises depuis trois siècles sur la géographie et l'état, au XIVe siècle, d'une notable partie de l'Amérique septentrionale.

(La fin prochainement.) EUG. BEAUVOIS.

(1) Dans *Les Colonies européennes du Markland et de l'Escociland.*

LES SURPRISES DE LA STRATIGRAPHIE

On peut dire de la géologie qu'elle traverse en ce moment une phase particulièrement intéressante. Ce n'est pas seulement parce que les rapides progrès de l'exploration du globe font entrer chaque jour en ligne de compte, dans la solution des problèmes de cette science, des éléments nouveaux, empruntés à de vastes surfaces, autrefois tout à fait inconnues, de sorte que cette irruption de documents élargit sur beaucoup de points, d'une façon notable et parfois décisive, la base quelque peu étroite sur laquelle on avait longtemps spéculé, quand on ne connaissait encore par le menu qu'une faible partie de l'Europe et de l'Amérique du Nord. C'est aussi et surtout parce que l'étude détaillée des régions disloquées, demeurée presque inabordable au début en raison de sa difficulté, a fini par imposer des conceptions que personne n'eût osé soupçonner il y a quelques années.

De cette analyse minutieuse de l'écorce terrestre, où chaque jour amène un nouveau progrès, sont sorties des synthèses qui, au premier abord, ont paru d'une hardiesse démesurée, et dont quelques-unes donnaient véritablement le frisson aux vieux géologues, tant elles semblaient mettre en question plusieurs des principes fondamentaux sur lesquels on s'était jusqu'alors appuyé en toute confiance. Pourtant ces conceptions, d'aspect si audacieux, s'imposent de plus en plus à notre adhésion. Il faut en prendre son parti, quelque désarroi que cela puisse jeter chez ceux qui n'aiment pas qu'on vienne déranger leur

équilibre scientifique et maudissent volontiers les importuns par qui cette quiétude est troublée.

D'ailleurs, cet état de choses n'est pas particulier à la géologie. Naguère, quelques milligrammes d'une substance jusqu'alors inconnue ont suffi pour révolutionner la physique et faire pressentir la nécessité prochaine d'une transformation profonde dans la manière de concevoir l'essence des radiations. Ceux pour qui le fameux éther n'avait plus de secrets et qui soumettaient si aisément ses vibrations à leur puissante analyse mathématique ont pu frémir un instant devant cette apparente résurrection des conceptions newtoniennes. C'est simplement un champ nouveau et presque indéfini qui s'ouvre à leurs méditations. On peut prévoir que la science en sortira à la fois grandie et débarrassée de certaines contradictions sur lesquelles jusqu'alors on avait trop facilement fermé les yeux.

Ainsi en est-il pour l'étude de l'écorce terrestre. Chacune des surprises qu'elle nous ménage, en même temps qu'elle élargit le domaine de nos conceptions, a pour conséquence invariable de mettre plus d'ordre dans l'ensemble, et consacre davantage le triomphe de certaines idées fondamentales, souvent de simple bon sens, auxquelles on se trouve ramené après un long et pénible circuit. Il n'en est pas moins vrai qu'au premier abord cette évolution déroute ceux qui n'y étaient pas préparés, et qu'elle pourrait être interprétée, par des esprits superficiels, comme un motif de défiance à l'égard d'une science aussi souvent obligée de « changer son fusil d'épaule ». Pourtant il s'agit en réalité d'un progrès continu, parfois entrecoupé de quelques heurts, mais où chacun des chocs survenus marque un nouvel et vigoureux élan vers des sommets plus lumineux.

Nous avons pensé qu'il serait instructif de passer en revue les principaux d'entre ces épisodes critiques, en remontant au besoin à quelque distance, pour mieux faire apprécier les conquêtes successivement réalisées.

Les premiers géologues avaient en vue un but essentiellement pratique : la détermination de l'ordre suivant lequel les diverses masses minérales sont juxtaposées à la surface du globe, chacune d'elles étant envisagée au point de vue des matériaux utiles qu'elle contient.

Cette analyse n'a pas tardé à montrer que la part la plus importante revenait aux formations dites *stratifiées*, et que la disposition de celles-ci obéissait à des règles qui permettaient d'en suivre le parcours sur de longues étendues, malgré les interruptions causées par la végétation et les dépôts superficiels, sous lesquels elles sont trop souvent cachées.

C'est ainsi que, peu à peu, deux principes se sont dégagés, qui désormais servirent de base indiscutable à toutes les recherches relatives aux terrains stratifiés.

Le premier, le plus immédiatement saisissable, était le *principe de superposition*. Un terrain de sédiment est un ancien dépôt, marin ou lacustre, qui résulte de l'amoncellement, sur le lit de la mer ou au fond d'un lac, de débris charriés par les eaux et tombés en conformité des lois de la pesanteur. Toute couche sédimentaire est donc plus jeune que celles sur lesquelles elle repose, et plus ancienne que les assises qui la surmontent.

Le second principe, moins clairement aperçu dans l'origine, mais destiné par la suite à jouer un rôle de plus en plus prépondérant, était fondé sur l'argument *paléontologique*. A toute époque de l'histoire terrestre correspond un ensemble spécial d'êtres fossiles, et la série de ces ensembles, appelés *faunes* et *flores*, est ordonnée dans le temps, accusant une variation régulière. De la sorte, et à condition de faire porter l'examen sur certains types plus *expressifs*, si l'on peut ainsi parler, et plus comparables entre eux que les autres, une étude, faite avec discernement, des fossiles d'un dépôt, doit permettre de déterminer son âge relatif, même en l'absence de toute superposition observable.

Dans les pays à stratification régulière, ces deux principes ne se montraient jamais en défaut. L'accord demeurait parfait entre les déductions de la stratigraphie et celles de la paléontologie naissante. C'est en utilisant cet accord que Cuvier et Brongniart ont pu établir avec précision la succession des couches tertiaires dans le bassin de Paris, comme auparavant, en Angleterre, William Smith, ou plutôt *Strata Smith*, comme l'appelaient ses contemporains, avait déterminé l'ordre de superposition des strates jurassiques.

Les difficultés commencèrent quand il fallut aborder l'étude des pays disloqués. Il se trouve généralement que les fossiles y sont très rares et, en tout cas, d'une récolte difficile. D'ailleurs, nous l'avons dit, les anciens géologues regardaient volontiers comme leur tâche principale la définition et la poursuite des *masses minérales*. S'ils ne dédaignaient pas de faire, à l'occasion, appel à la paléontologie, cette science, encore à ses débuts, n'avait pas à son actif des exploits assez indiscutables pour s'imposer. Le stratigraphe, qui acceptait la tâche pénible de suivre une assise à travers ses changements minéralogiques et ses dislocations, en quoi il faisait surtout œuvre de marcheur, d'observateur et de géomètre, se résignait difficilement à subordonner ses conclusions au contrôle d'un conchyliologiste tranquillement assis dans son cabinet. On le vit bien quand surgit, à partir de 1828, la fameuse dispute soulevée par le gisement de Petit-Cœur en Tarantaise.

Élie de Beaumont se livrait alors à l'exploration des Alpes occidentales, où il allait bientôt établir la notion géniale de l'âge des montagnes. Là, sur la pente d'un versant, se montraient à lui des couches sensiblement horizontales, et, partout où le terrain n'était pas caché par la végétation, rien ne laissait soupçonner un désordre quelconque dans la stratification. A la base, surtout schisteuse, du dépôt (fig. 1), on récoltait ces fossiles, en forme de doigts pointus, qu'on appelle des *bélemnites*,

partout considérées comme caractéristiques de la partie inférieure du terrain jurassique, de celle qu'on appelle habituellement du nom de *lias*. Un peu plus haut, dans des couches schisteuses subordonnées à des grès, connus dans le pays pour contenir des gisements d'anthracite, apparaissaient des empreintes végétales. Or les espèces, facilement déterminables, étaient identiques avec celles qu'on recueille dans le terrain houiller.

Le houiller étant de formation bien antérieure à celle du lias, la position qu'il occupait à Petit-Cœur aurait pu s'expliquer par un renversement des couches, très admis-

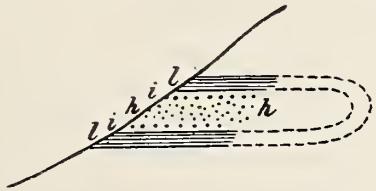


Fig. 1. — *l*, couches à bélemnites; *i*, infra-lias; *h*, grès houiller à empreintes végétales.

sible en pays de montagnes. Mais voilà que, poursuivant son ascension, Élie de Beaumont retrouvait un peu plus haut, et toujours avec la même régularité de stratification, des schistes à bélemnites, identiques avec ceux du bas ! Il n'y avait pas à dire : les couches avec plantes houillères étaient bel et bien intercalées, en parfaite concordance, au milieu des assises jurassiques, dont elles devaient faire partie. Tant pis pour la paléontologie si cela troublait ses doctrines. Le fait observé à Petit-Cœur démontrait que la végétation houillère y avait dû persister jusqu'aux temps liasiques. Admettre une autre explication, c'était sacrifier à une idée théorique préconçue l'évidence d'une superposition indiscutable. Ainsi pensa Élie de Beaumont, et à côté de lui se rangèrent du premier coup tous ceux qui, restés fidèles aux vieilles méthodes de l'observation sur le terrain, voyaient depuis longtemps d'un

mauvais œil l'intrusion de ces « coquillards » de laboratoire, qui prétendaient fixer la situation d'un fossile sans s'être donné la peine d'aller le ramasser en place.

Bien différente fut la conclusion de ceux qui ne pouvaient se résoudre à admettre que l'argument paléontologique fût à ce point en défaut. Les uns affirmaient d'avance qu'il devait y avoir dans la région un contournement particulier des assises. D'autres, comme l'illustre géologue anglais sir Charles Lyell, exprimaient courtoisement leur défiance à ceux qui avaient affirmé la coexistence des bélemnites avec les végétaux houillers. « Je le crois, parce que c'est vous qui l'avez vu ; mais si je l'eusse vu moi-même, je ne le croirais pas. »

D'ardentes discussions eurent lieu, lors des excursions extraordinaires de la Société géologique de France, à Grenoble en 1840, à Chambéry en 1844. Plus convaincu que jamais, et fort de la grande autorité que son nom avait conquise, Élie de Beaumont, dans une des séances de la même société, en 1852, traçait au tableau des coupes de quatre localités différentes, où se reproduisaient les alternances déjà signalées, et, six ans plus tard, Scipion Gras, auteur de la Carte géologique de l'Isère, affirmait encore que cette superposition régulière était « un des faits les mieux constatés qu'il y ait en géologie ».

Cependant, grâce à d'habiles et persévérants chercheurs, tels que MM. Alphonse Favre, le chanoine Vallet, Pillet, etc., de nouveaux faits étaient successivement mis au jour, qui montraient, dans la géologie de la contrée, une complication dont on ne s'était pas douté jusque-là. Longtemps le seul terrain sédimentaire connu en Maurienne et en Tarantaise, en dehors du grès à anthracite, avait été le lias. Voici qu'en 1858 on y constate à la fois la présence de l'*infra-lias* et celle du *trias*, c'est-à-dire précisément des assises intermédiaires entre le lias à bélemnites et le terrain houiller. Le trias même est bientôt reconnu dans la localité en litige, celle de Petit-Cœur.

Peu de temps après s'ajoute à cette liste un terrain beaucoup plus récent, celui qu'on appelle *nummulitique* et qui appartient au tertiaire inférieur. Impossible dès lors de méconnaître la structure compliquée et disloquée du pays, ce qui suffit à rendre parfaitement légitime l'hypothèse de plis renversés.

Il reste cependant à en donner la preuve. C'est ce que réalise avec éclat la réunion de la Société géologique en Maurienne, tenue en 1861, et à laquelle les partisans de l'intercalation régulière se sont, comme par hasard, tous abstenus de paraître. L'exploration du massif des Encombres donne l'occasion de traverser une série d'étages *quatre fois repliés sur eux-mêmes*. Enfin, là où se produit l'association des couches houillères avec le lias, on constate qu'en plus d'un point le contact des deux formations s'accomplit précisément par l'intermédiaire de dépôts que leurs fossiles ordonnent d'attribuer à l'*infra-lias*, *i* (fig. 1), de sorte que la succession des assises est parfaitement régulière, tantôt droite et tantôt renversée.

Il n'y a donc plus le moindre doute. La célèbre anomalie de Petit-Cœur est le résultat d'un *reploiement en forme de C*. Si l'amour-propre des défenseurs de l'opinion contraire se refuse encore à capituler, pour tous les autres la question est désormais jugée sans appel.

Ce mémorable débat avait été pour la paléontologie l'occasion d'un éclatant triomphe. Soumise à la plus rude épreuve qu'il fût possible de traverser, elle en était sortie victorieuse, et ce succès avait d'autant plus de prix que ses adversaires s'étaient montrés plus acharnés. Dorénavant il fallait reconnaître que cette science, bien maniée, fournissait dans les cas difficiles un critérium supérieur à tous les autres, et que le dernier mot devait lui appartenir dans toutes les contestations provoquées par la complication de l'écorce terrestre. En effet, rien n'est variable, d'un point à un autre, comme la composition d'une même assise sédimentaire, qui peut être ici calcaire, là sableuse,

ailleurs argileuse. En outre, quand on croit l'avoir suivie, sur des pentes où le plus souvent elle est masquée par des dépôts superficiels ou par la végétation, rien ne dit qu'on n'a pas traversé, sans s'en apercevoir, quelques-uns de ces accidents, si nombreux dans la croûte solide, et qu'on appelle des *failles*, c'est-à-dire des cassures le long desquelles un paquet de terrains a pu glisser, de manière à produire des juxtapositions inattendues. Seuls les fossiles peuvent faire cesser l'incertitude, à la condition, bien entendu, que leur détermination ne soit pas faite à la légère.

Depuis la fameuse dispute de Petit-Cœur, que sa durée permettrait d'appeler la *Guerre de Trente Ans* des géologues, nombre de difficultés semblables se sont présentées. Pas une fois l'argument paléontologique ne s'est trouvé en défaut, quand il a été mis en œuvre par des hommes compétents, son crédit recevant une force nouvelle de chacune de ces démonstrations. C'est que la science des fossiles ne cessait de se développer pendant ce temps, donnant aux spécialistes un sens de plus en plus affiné des ressemblances ou des différences et élargissant chaque jour leur champ d'action.

Au début, l'attention se concentrait sur certains groupes d'êtres plus faciles à reconnaître, mais aussi plus rares. Aujourd'hui, toutes les formes animales et végétales sont susceptibles de concourir à ce mode d'investigation. Il n'est plus guère de roche si compacte où l'on ne parvienne à déceler quelque organisme. Tantôt c'est un rudiste qui apparaît en coupe sur une paroi de calcaire massif ; et alors, par une série de sections convenablement menées, un homme du métier saura reconstituer les détails de la charnière, ce qui suffira pour trancher la question d'âge. Tantôt, à défaut d'un fossile visible à l'œil nu, c'est le microscope qui, sur une plaque mince de la roche, mettra en évidence quelques coupes de *foraminifères*, simples

protozoaires, qu'on dédaignait autrefois et qui, mieux connus, deviennent aussi utiles que d'autres genres plus élevés, permettant de classer avec la même sûreté les assises où on les rencontre.

Cela veut-il dire qu'avec cet instrument en mains, la géologie n'ait plus à craindre d'erreurs d'interprétation ? Loin de là ! plus d'une embûche la guette sur son chemin, et, même en cas d'accord entre la stratigraphie et la paléontologie, il arrivera encore aux géologues d'éprouver à leurs dépens combien il peut être dangereux de se fier à certaines solutions trop simples ; car la structure de l'écorce terrestre est assez compliquée pour leur réserver mainte surprise. Nous n'en voulons pour preuve que ce qu'il est advenu au cours de l'exploitation du bassin houiller du Pas-de-Calais.

Lorsque, il y a une cinquantaine d'années, un heureux coup de sonde, pratiqué aux environs de Douai, amena la découverte, sous les *morts-terrains* de craie, de ce prolongement du bassin houiller de Valenciennes, que si longtemps on avait cherché dans la direction du sud-ouest, le pays ne tarda pas à être criblé de forages, tous s'efforçant d'atteindre le précieux terrain. Tandis que beaucoup d'entre eux, sur une bande courant de Valenciennes à Béthune, réussissaient assez vite à toucher le combustible convoité, ceux de la bande voisine, contiguë à la première du côté de l'ouest, tombaient uniformément, au sortir de la craie, sur du grès rouge. Or ce grès était parfaitement bien connu des géologues, aussi bien dans l'Ardenne que dans le prolongement oriental du Bas-Boulonnais, où il affleure en certains points isolés. Incontestablement il appartient à la base du système *dévonien*, dont le dépôt a partout précédé celui du terrain houiller. En conséquence, non seulement c'était peine perdue d'y poursuivre les recherches ; mais, dans la délimitation des

concessions, il semblait naturel d'arrêter le périmètre de ces dernières à l'aplomb de l'endroit où le grès dévonien devenait le support direct des morts-terrains (fig. 2), afin de ne pas frapper d'une servitude inutile des territoires sous lesquels il paraissait évident que le terrain houiller ne pouvait pas exister.

D'autre part, puisque, brusquement, les sondages, à partir d'une certaine ligne, passaient du terrain houiller au dévonien inférieur, c'est que la superposition n'était pas normale ; autrement, dans l'hypothèse d'un *bassin*, on aurait dû voir le houiller s'appuyer d'abord contre le *calcaire carbonifère*, son support habituel dans le bassin

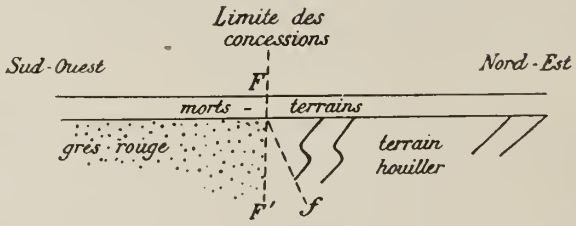


Fig. 2.

de Mons et de Valenciennes ; ce calcaire à son tour eût reposé sur le dévonien supérieur, ayant pour base les calcaires du dévonien moyen. Ainsi se seraient succédé, sous les morts-terrains, une série de bandes distinctes et faciles à reconnaître, même sur des échantillons de sondage. Puisqu'il n'en était rien, cela voulait dire que le contact du grès rouge et des couches houillères avait lieu par *faille*. Une cassure brusque, survenant en FF', aurait ainsi limité deux anciens paquets de l'écorce terrestre, celui de droite étant descendu par rapport à l'autre, le long de la cassure, d'un grand nombre de centaines de mètres.

Rien ne devait sembler plus naturel que cette manière de voir. A cette époque, l'expérience avait déjà fait reconnaître, dans les mines métalliques, de nombreuses failles,

dont la plupart étaient voisines de la verticale, ou du moins faiblement inclinées dans un sens tel que la pesanteur eût suffi à faire glisser sur leur plan le compartiment descendu. En tout cas, que le contact eût lieu par une faille verticale FF', ou par une cassure oblique F*f*, il était rationnel d'arrêter à l'aplomb de F le périmètre des concessions.

Cependant les exploitations ainsi délimitées s'installent. On creuse des puits à une distance de la limite assez grande pour assurer à chacun d'eux un rayon suffisant d'activité et, à partir de ces puits, on dirige, à mesure que l'extraction se développe, des galeries à droite et à gauche.

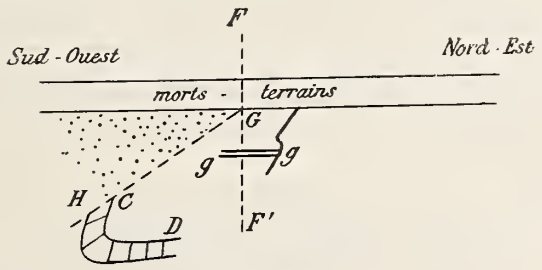


Fig. 3.

Or, au bout d'un certain nombre d'années, quand certaines galeries, telles que *gg* (fig. 3), arrivent à l'aplomb de la limite au delà de laquelle la concession expire, on reconnaît avec surprise que le terrain houiller ne respecte aucunement les frontières administratives et se poursuit au delà dans les mêmes conditions ! Finalement, les constatations faites dans les diverses mines amènent à découvrir que la faille GH est une *faille inverse*, et que le paquet le plus ancien, celui du grès rouge, a dû *chevaucher* sur l'autre en le rebroussant, sous l'empire d'une forte poussée venue du sud-ouest. Bien mieux ; on s'assure que souvent, entre le grès rouge et le terrain houiller, s'intercale un lambeau, où s'observe du calcaire, recouvrant du schiste houiller. Nul doute que ce ne soit

du calcaire carbonifère, provenant du fond CD du bassin, et entraîné, sous forme de *lambeau de poussée*, lors de la formation de la déchirure GH.

Ainsi se trouve introduite une nouvelle notion de la formation du soi-disant bassin du Pas-de-Calais. En tout cas, l'administration se trouve obligée d'instituer, ou des prolongements de concessions vers le sud, ou des concessions nouvelles. Voilà donc de nouveaux puits à creuser, cette fois en commençant par le grès rouge. Mais un jour, examinant les calcaires rencontrés, au-dessous de ce grès, lors du fonçage des puits, M. Barrois reconnaît que leurs fossiles ne sont pas ceux du calcaire carbonifère, mais bien ceux du *silurien supérieur*, terrain qui sert de support normal au grès rouge ! Donc la série, en ces points n'est pas renversée. Du coup, la notion du lambeau de poussée est gravement ébranlée, et le chevauchement s'étend, non plus seulement au grès rouge, mais à une partie de son support.

Tandis que ces observations modifient et compliquent singulièrement la structure des gisements du nord, les bassins du Hainaut et de Charleroi amènent d'autres surprises. Par instants, en plein espace habituellement considéré comme exclusivement houiller, certains puits rencontrent des paquets isolés de terrains plus anciens, renversés par dessus, tels que celui de Boussu, où le calcaire carbonifère a l'air de supporter du dévonien, qui devrait lui être inférieur, et repose à son tour sur du terrain houiller !

D'où peuvent provenir ces lambeaux ? Les exploitations de Landelies, si bien interprétées par Briart, vont nous le dire. Nous ne voyons plus aujourd'hui, du terrain houiller, que ce qu'une érosion, poursuivie pendant de longs siècles avant le dépôt des morts-terrains, en a laissé subsister. En reconstituant par la pensée ce que cette érosion a pu faire disparaître, on reconnaît que les lambeaux adventifs doivent être des portions inférieures de plis

couchés, qui ont été renversés sur le terrain houiller, et dont la base seule a été conservée.

De cette façon a pu naître la brillante synthèse par laquelle M. Marcel Bertrand a si bien résumé la constitu-

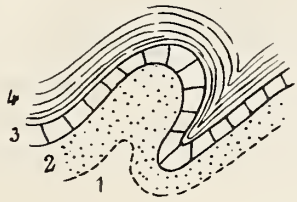


Fig. 4. — 1. Terrain silurien ; 2. grès dévonien ; 3. calcaire carbonifère ; 4. terrain houiller.

tion des terrains houillers du nord, et qui s'exprime par les diagrammes ci-joints (fig. 4 et 5).

Faisons abstraction des morts-terrains, qui n'étaient pas encore déposés quand toutes ces dislocations se sont

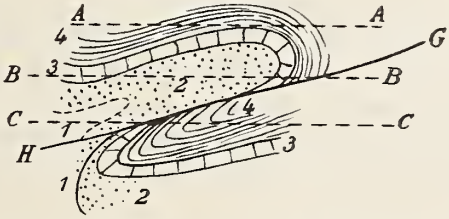


Fig. 5. — Mêmes chiffres que pour 4 : GH, faille inverse : AA, BB, CC, niveaux auxquels l'érosion a pu s'arrêter.

produites : une première poussée fait naître le bombement de la figure 4. Ensuite le refoulement s'accentue ; le pli achève de se coucher ; puis, la poussée devenant trop forte, le flanc inférieur s'étire (fig. 5), et une cassure GH prend naissance, le long de laquelle la partie de gauche est poussée sur la partie de droite. Après cela l'érosion fait son œuvre et, suivant que la surface définitive du terrain ancien, arasée longtemps avant le dépôt des morts-terrains, est AA, ou BB, ou CC, on a les diverses combi-

naisons que réalisent, les uns après les autres, les divers gisements du Nord et du Pas-de-Calais. En particulier, dans le cas de AA, on se trouve conduit à exploiter, à droite, une masse de terrain houiller qui n'est plus en place et a été *charriée* sur l'ancienne cuvette houillère demeurée sous la cassure GH. Cela paraît être le cas de la région de Denain où, pour atteindre la cuvette en place, il faudrait peut-être traverser deux mille mètres de terrain charrié, dans lequel sont ouvertes toutes les exploitations de la contrée, et qui, suivant les cas, peut être droit ou renversé.

On se figure sans peine l'ahurissement que devrait éprouver, s'il revenait en ce monde, un Léopold de Buch, peut-être même un Élie de Beaumont, si on mettait sous ses yeux une coup de ce genre. Quelle différence avec le classique soulèvement, où un noyau central de terrains anciens sert de support à deux séries de couches plongeant vers l'extérieur et constituant par leur ensemble une voûte plus ou moins complète ! Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que l'expérience des houillères a donné aux géologues une leçon de prudence comme jamais encore ils n'en avaient reçue. A aucune époque, la singularité des faits observés ne s'était élevée, à un tel degré, au-dessus de ce que l'imagination pouvait se croire autorisée à concevoir. Quelle déconvenue pour ceux qui, peu d'années auparavant, eussent déclaré avec tant de confiance qu'il était absurde d'aller chercher du terrain houiller sous du dévonien, qui est plus ancien ! Quelle leçon pour la tranquille assurance avec laquelle on affirmait à distance l'identité de deux veines de houille, sous prétexte qu'elles avaient à peu près la même épaisseur et la même composition !

A l'occasion de l'une des expositions universelles antérieures à 1900, le service des Mines de Belgique avait fait dessiner une belle coupe transversale du bassin de Liége. Toutes les veines étaient figurées, à leurs distances

respectives, dans le plus grand détail, à titre hypothétique il est vrai ; car le nombre des tracés reconnus par travaux était minime à côté de ceux qu'on présentait comme *devant exister*. On pouvait croire, à la vue de ce plan, que le bassin offrait une composition des plus simples, identique sur ses deux bords, offrant partout le même nombre de couches, équidistantes d'un bout à l'autre. Seulement, une série de failles divisaient ce bassin en paquets, les uns relevés, les autres abaissés, et tous plus ou moins comprimés entre les cassures-limites.

Combien il y avait loin de cette image à la réalité ! Une étude plus attentive a fait évanouir le dogme de la constance des veines, comme aussi celui de l'invariabilité de leurs distances réciproques. Bien mieux ! on tend de plus en plus à reconnaître que la partie nord du bassin est sans rapports avec la partie sud. C'est sans motifs plausibles qu'on s'était plu à identifier les veines d'un côté avec celles de l'autre ; et nous ne serions nullement surpris si, dans un prochain avenir, on découvrait qu'une bonne portion, sinon la totalité, de la partie méridionale du bassin a été *charriée par dessus l'autre* ; de même qu'on commence à croire que les terrains dévoniens qui affleurent entre Liége et Verviers pourraient bien masquer en profondeur du terrain houiller qu'ils auraient chevauché !

En tout cas, et dussent ces suppositions être jugées trop hardies, il n'en resterait pas moins établi que la structure des bassins houillers du nord est infiniment plus complexe qu'on n'avait pensé ; qu'un seul moyen sûr existe pour l'assimilation des veines, la comparaison entre les restes végétaux des schistes encaissants, comparaison si bien faite pour Valenciennes par M. Zeiller, et dont le R. P. Schmitz recueille patiemment les matériaux, pour le reste de la bande, dans son beau Musée de Louvain. Jusqu'à ce que cette étude ait été terminée, il faut oublier à peu près tout ce qui a été dit et professé auparavant, et

ne se souvenir que d'une chose : la généralité des *charriages* qui, lors de la formation de la *faille du midi*, en poussant le terrain dévonien par dessus le bord du gisement houiller, ont dû entraîner les superpositions et les juxtapositions les plus inattendues.

La perspective, dira-t-on, est peu consolante pour les directeurs d'exploitations, obligés de compter avec nombre d'accidents que l'ancienne manière de voir eût écartés comme invraisemblables. Mais il n'y a rien à faire contre les faits, surtout quand ils se coordonnent autour d'une idée directrice aussi naturelle que celle des refoulements. Nous ajouterons qu'on y trouve une compensation : celle de rendre intelligibles des coupes qui, auparavant, devaient sembler inadmissibles. Que de fois, dans le dessin d'une mine, on était conduit à voir la même veine disloquée par des failles isolant des coins *pointus vers le haut* ! Comment, dans l'hypothèse de cassures embrassant toute l'épaisseur de l'écorce, expliquer ces singularités ? Elles deviennent tout à fait simples, quand on sait que ce sont de simples accidents de décollement, propres aux paquets disloqués et charriés, et sans aucune répercussion dans les parties profondes de la croûte terrestre.

Une fois la notion des charriages horizontaux introduite dans la science à la faveur de l'expérience des exploitations houillères, il était naturel que l'idée fît son chemin et trouvât son application aux grands massifs de plissement, tels que celui des Alpes. C'est le mérite de M. Marcel Bertrand d'avoir eu, en 1883, cette géniale intuition, qui devait être plus tard si brillamment développée par MM. Schardt, Lugeon, Termier, etc. Si M. Marcel Bertrand a ainsi vu clair avant tous les autres, c'est qu'il apportait à l'étude des cartes géologiques la disposition d'esprit d'un géomètre, habile à voir dans l'espace. Expliquons-nous.

Au début de la géologie alpine, la constitution générale

du massif, envisagée en gros, semblait assez simple. En partant de la plaine suisse, occupée par les mollasses du tertiaire supérieur, on rencontrait, dès le lac de Thoune, du tertiaire inférieur, puis du crétacé, en attendant que la vallée de Lauterbrunnen fît apparaître le jurassique supérieur et que le jurassique inférieur se montrât au Faulhorn. Donc, jusqu'à l'axe de l'Oberland, où les masses jurassiques venaient buter contre les schistes cristallins, la succession générale des terrains était conforme à leur âge, et on pouvait, on devait même imaginer que, sortant successivement les uns de dessous les autres, ils apparaissaient en bandes parallèles, d'autant plus anciennes qu'on s'approchait davantage des hautes montagnes.

C'est dans cet esprit qu'étaient conçues les cartes géologiques ; car dans un pays où le sol ne se laisse pas partout voir, il faut nécessairement faire intervenir des hypothèses pour raccorder les observations éparses ; en supposant que chaque affleurement reconnu se reliât à ceux de même âge et s'enfonçât sous les plus récents, on pouvait se croire en possession d'une méthode infaillible.

Cependant ce procédé, appliqué avec la conscience qui a toujours distingué les géologues suisses, se traduisait en fait par une extrême complication de contours et, bien souvent, pour la justifier, il fallait imaginer des failles peu vraisemblables. La plus grande partie des lecteurs de la carte n'en étaient pas autrement choqués ; mais ceux qui avaient le *sens géométrique* ne pouvaient pas s'accommoder de ces explications ; et c'est ainsi que M. Bertrand fut conduit à soupçonner que quand, au voisinage de l'Oberland, on voyait, sur de grandes étendues, le jurassique *recouvrir du flysch tertiaire*, il ne suffisait pas, pour l'expliquer, d'imaginer tout près de là une racine profonde et invisible, par laquelle ce jurassique se fût raccordé à une nappe inférieure cachée. Il était, dans le cas présent, beaucoup plus simple de le regarder comme étant sans

racine et appartenant à une nappe charriée d'origine lointaine.

Jugée très hardie au début, cette conception ne tarda pas à gagner du crédit, à mesure que le détail de la région préalpine était mieux connu, et que de nouvelles trouvailles dévoilaient de mieux en mieux la complexité de la chaîne. Ainsi, en 1894, les membres du Congrès géologique s'étaient transportés dans l'Oberland. Après leur avoir fait traverser le tertiaire et le crétacé, puis le jurassique, on les menait, tout contre la grande chaîne, en face d'un calcaire, jusqu'alors réputé sans fossiles et que, tout naturellement, on regardait comme triasique, puisqu'il semblait sortir de dessous le jurassique. Un des membres de l'excursion brise un morceau de ce calcaire, et y aperçoit une trace organique, que les paléontologistes reconnaissent immédiatement pour une *nummulite*, c'est-à-dire un fossile caractéristique du tertiaire inférieur ! Donc la coupe classique était décidément en défaut, et la superposition du jurassique au tertiaire, sur toute l'étendue du versant nord de la chaîne, ne pouvait plus faire de doute.

Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur les beaux développements qu'ont donnés à cette thèse MM. Schardt et Lugeon pour les Préalpes et M. Termier pour les Alpes occidentales. Il n'est plus un géologue, connaissant ces contrées, qui ne soit aujourd'hui rallié à la thèse de ces grands charriages, lesquels, à plusieurs reprises, ont poussé vers le nord comme autant de vagues, déferlant les unes par dessus les autres, et dont l'origine doit parfois être cherchée à cinquante, peut-être même à cent kilomètres au sud. Il est des points où l'on observe jusqu'à trois et même quatre nappes superposées, la plupart dans un état de dislocation ou de morcellement extrême, d'où résultent parfois les juxtapositions les plus inattendues.

Reconnaissons à ce propos qu'on a failli aller trop loin dans cette voie. Le bien lui-même a ses entraînements, excusables au début. La loi du pendule s'applique aux

efforts de l'intelligence humaine, et il arrive souvent qu'on dépasse du premier coup la situation d'équilibre à laquelle on sera ramené par le raisonnement. C'est ainsi qu'à un certain moment on n'hésitait pas à faire du charriage un phénomène à part, indépendant des plissements, comme s'il avait pu se produire, à la surface, un véritable traînage en masse par suite d'une poussée horizontale. Mais il était réservé à M. Lugeon de revenir lui-même de cette passagère illusion en retrouvant, au flanc de la vallée du Rhône, la racine d'une de ces nappes alpines, qu'il avait vue isolée au sommet des Wildstrubel, et depuis lors on est revenu à une conception plus saine, celle qu'avait toujours défendue M. Kilian. A la notion des nappes indépendantes s'est substituée celle de plis réguliers à l'origine, mais si fortement étirés au cours de la poussée que le morcellement de leurs ailes les a souvent rendus méconnaissables. D'autre part, on a reconnu que ces empilements ne pouvaient mécaniquement se produire que sous l'influence d'une pression énorme, de la part d'une masse superposée de grande épaisseur. Ce sont donc des *phénomènes de profondeur*, qui ont dû s'accomplir à une distance de la surface telle que la pression subie par les couches, quelle que fût leur nature, dût suffire à les rendre plastiques.

Du coup l'antique notion des soulèvements était radicalement transformée. Dans l'origine, on s'était volontiers figuré que l'action orogénique devait de suite faire surgir dans les airs une série de vagues, dont les crêtes étaient dessinées par les plis saillants, et les creux par les plis rentrants, de sorte que l'orographie montagneuse eût été, dès le début, très clairement dessinée. Aujourd'hui les énergiques contournements qu'accuse l'observation nous apparaissent comme le résultat de convulsions *internes*, qui ont produit leur effet à grande distance de la surface ; et ces effets ne sont devenus visibles que le jour où la surrection *en masse* de tout l'ensemble les a fait arriver au-dessus du niveau de la mer ; alors l'érosion, atteignant

ces masses enchevêtrées, a dessiné leurs lignes de plus grande et de moindre résistance, en mettant à nu des structures longtemps cachées sous une grande épaisseur de terrains, à peine ondulés ceux-là, parce qu'ils cédaient plus facilement aux efforts latéraux ; et c'est cette même érosion qui, attaquant la partie supérieure du massif à mesure que son niveau se relevait, a partout fait disparaître la *charge* à la faveur de laquelle les couches profondes avaient pu se plisser et s'empiler.

Assurément nous voilà bien écartés de l'ancienne et si simple façon de se représenter la formation des montagnes ! Mais outre que la conception nouvelle s'accorde beaucoup mieux que la précédente avec ce que le raisonnement pouvait faire prévoir, combien de difficultés elle explique, combien de contradictions elle dissipe ! Avec quelle facilité elle rend compte de ces *blocs exotiques*, comme on les appelle à si juste titre, qui surgissent inopinément, comme les *Mythen* de Schwytz, au milieu d'un paysage absolument dissemblable ! Ce sont des lambeaux provenant de l'axe résistant d'un pli couché, dont la racine a disparu, en même temps que l'érosion dissipait toute la couverture meuble du pli. De même, pour justifier les si curieuses apparences de Glaris, il n'est plus besoin de recourir à l'invraisemblable hypothèse d'un *double pli*, dont les deux saillies seraient venues à la rencontre l'une de l'autre, comme si toute poussée n'avait pas un sens unique bien déterminé !

Une autre invraisemblance qui disparaît est celle des couches jurassiques demeurées horizontales sur certains sommets alpins. Au Mont Joli, par exemple, en face du Mont Blanc, on avait constaté l'existence d'une forte épaisseur de schistes noirs du lias, en superposition discordante sur le terrain cristallin. Pourquoi, entre les deux, n'apercevait-on aucune trace d'un dépôt de rivage ? A la rigueur, on eût pu passer sur cette objection. Mais comment les grandes convulsions alpines, qui ont eu lieu,

comme chacun sait, à la fin du tertiaire, avaient-elles si bien respecté l'horizontalité des schistes jurassiques du Mont Joli ?

Cet étonnement cesse, quand on apprend, de MM. Bertrand et Ritter, que ces schistes sont le résultat d'un *empilement de plis horizontaux*, et que, quand on les suit dans une certaine direction, on les voit tous finir en pointe dans le terrain cristallin, dont les sépare invariablement un pli aigu de trias.

Enfin quand on observe, comme dans les Préalpes, sur une même verticale, des successions compliquées où le même terrain revient plusieurs fois, mais avec des facies tout à fait différents et incompatibles entre eux, ce n'est plus dans l'invraisemblable caprice de deux mers voisines, empiétant l'une sur l'autre, qu'il en faut chercher la cause. C'est simplement dans cet empilement de nappes distinctes qui, à des plis *autochthones*, c'est-à-dire dont les racines sont encore en place, en superpose d'autres qui viennent d'une grande distance au sud.

Ainsi, dans ce cas comme dans les autres, la complication qu'il faut admettre peut être un échec désagréable pour des idées trop facilement acceptées à cause de leur apparente simplicité. Elle peut dérouter certaines doctrines préconçues ; mais elle n'entraîne aucun *renversement des principes*. Au contraire, elle fait prévaloir des notions plus saines et substitue des raisons valables à des explications qu'une logique exigeante n'eût jamais dû accepter.

La notion des grands charriages une fois admise, pouvait-on en limiter l'application aux Alpes occidentales ? Évidemment l'idée devait faire tache d'huile. Aussi, pendant que les uns s'en emparaient pour donner de certaines étrangetés de la structure pyrénéenne la première explication logique qui se fût encore présentée, d'autres l'appliquaient d'emblée à la chaîne des Alpes orientales.

L'entreprise était hardie en apparence, car cette chaîne,

à partir du Rhin, a toujours été considérée comme un remarquable type de soulèvement symétrique et régulier. Suivant une opinion partout acceptée, un noyau ancien de schistes cristallins occupait l'axe du système, flanqué sur ses deux versants par des sédiments anciens, contre lesquels s'appuyaient, au nord comme au sud, les deux bandes des *Alpes calcaires*, formées de terrain secondaire. Ces bandes, surtout dans la région bavaroise, semblaient offrir l'idéal de la structure plissée, formant comme autant de vagues congelées, parallèles à l'axe cristallin, véritable soutien de la grande voûte crevée que représentait tout cet ensemble.

En outre, une profonde différence distinguait les Alpes orientales de la chaîne suisse et franco-italienne. Dès la coupure du Rhin, le facies dit *helvétique* des sédiments faisait place, à partir du trias, à un facies essentiellement *méditerranéen*, caractérisé par le développement des calcaires massifs et l'apparition d'une faune de céphalopodes distincte de celle de la province occidentale et septentrionale. Quelle cause avait provoqué cette séparation des deux territoires ? Il était impossible de le dire : le facies helvétique finissait brusquement au Rhin, l'autre commençait non moins brusquement à partir de là, et, dans l'intervalle, aucun massif ancien ne se montrait au jour qui pût avoir formé barrière entre deux mers si distinctes. Néanmoins le fait était évident. Il fallait bien s'en accommoder.

Mais voici qu'à la suite du Congrès géologique international, tenu à Vienne en 1903, les Alpes orientales ont reçu la visite de plusieurs des géologues qui avaient débrouillé la structure de la chaîne occidentale, en particulier de MM. Termier et Haug. Sur place, ces savants ont vu tout autre chose que ce que leurs collègues autrichiens prétendaient leur montrer. Frappés de certaines analogies avec les traits fondamentaux du terrain qu'ils avaient si bien étudié, ils n'ont pas hésité à reconnaître de grandes

nappes de charriage dans ces masses calcaires qu'on leur disait être en place, et former une série si régulière de plis *anticlinaux* (c'est-à-dire saillants) ou *synclinaux* (c'est-à-dire rentrants).

Le fameux axe cristallin cesse d'être la ligne maîtresse du soulèvement, pour n'être plus qu'un *regard*, une sorte de *fenêtre*, ouverte par déchirure à travers la nappe calcaire charriée et laissant voir par dessous une autre nappe plus profonde. Les terrains de la périphérie qu'on croyait si anciens, deviennent l'équivalent des *schistes lustrés* de l'Oisans, formation d'âge secondaire. Enfin aucune partie des Alpes calcaires n'est en place, et c'est bien loin vers le sud, *à une centaine de kilomètres*, du côté de la vallée du Gail, qu'il faut aller chercher la racine des énormes plis couchés dont l'empilement aurait produit les Alpes bavaroises !

Il faut le reconnaître : dès la publication de cette nouvelle manière de voir, les géologues autrichiens ont bondi. Eh quoi ! alors que depuis tant d'années ils sont à l'œuvre, débrouillant peu à peu les particularités d'un district éminemment difficile, des étrangers, dans une tournée de quelques jours, voudraient bouleverser toutes leurs conceptions, et cela, en vertu de vues théoriques, fruit d'une imagination trop fertile, et en faveur desquelles il leur serait impossible, vu la rapidité de l'excursion, d'alléguer une coupe démonstrative !

Cette audace méritait d'être vertement dénoncée. C'est ce dont s'est chargé M. Diener, un des meilleurs connaisseurs sans conteste de la région alpine, mais aussi des plus attachés à l'ancienne manière de voir de ses confrères. Sous la signature de ce savant a paru, dans l'un des derniers numéros du CENTRALBLATT FÜR MINERALOGIE UND GEOLOGIE, une vive philippique, où MM. Termier et Haug sont qualifiés de *géopoètes* et de *géomystiques*, en compagnie de M. Lugeon, car ce dernier s'est permis d'étendre aux Carpathes, et spécialement à la chaîne dite des Klippes,

la théorie du charriage d'origine méridionale, que les géologues autrichiens ne veulent pas accepter.

Le débat est encore de trop fraîche date pour qu'il soit dès à présent permis de le considérer comme définitivement tranché. Toutefois nous serions bien étonné si l'avenir donnait tort à la thèse de MM. Termier et Lugeon. On pourra, sur certains points de détail, rectifier leurs interprétations, mais il est douteux que la conception du charriage n'ait pas gain de cause. Nous dirons même que ce triomphe est souhaitable à tous les points de vue, car il procurera, dans les Alpes orientales, la solution de mainte difficulté, dont l'ancienne doctrine ne fournissait que des explications difficilement admissibles.

C'est à ce point qu'il est permis de s'étonner qu'à l'exception de M. Suess, les géologues autrichiens aient laissé à des étrangers l'honneur de voir clair dans la structure de leurs montagnes, car, pour s'en bien convaincre eux-mêmes, ils n'avaient qu'à interpréter logiquement certaines constatations qu'un des leurs, M. Wähner, avait eu tout récemment l'occasion de faire dans la basse vallée de l'Inn, ou bien encore à soumettre au contrôle d'une critique rigoureuse divers faits stratigraphiques, dont les explications courantes ne rendaient compte qu'au prix d'évidentes contradictions.

En premier lieu, ce qui aurait dû donner l'éveil, relativement à la façon dont les masses calcaires apparaissent dans les Alpes orientales, c'est la mésaventure arrivée il y a peu d'années aux géologues qui, les premiers, s'étaient efforcés d'établir la succession des couches triasiques dans le pays de Salzbourg. Autour du gracieux lac de Hallstatt, ils avaient reconnu, enchevêtrés plus ou moins confusément avec de grands gisements de sel gemme, des calcaires-marbres bariolés, riches en fossiles et spécialement en ammonites du trias supérieur. L'ordre de succession de ces ammonites, tel qu'il semblait résulter de la

superposition des assises, partout très disloquées, ne concordait pas avec ce qu'on observait au sud, dans le Tyrol méridional en particulier. Aussi, au début, avait-il paru nécessaire d'admettre que la mer triasique était divisée, par quelque obstacle aujourd'hui disparu, en deux provinces zoologiques, celle du nord ou *juvavique* (de *Juvavo*, nom latin de Salzbourg), et celle du sud ou *méditerranéenne*. Malgré la proximité des deux districts, l'évolution des faunes ne s'y était pas accomplie de la même façon.

L'hypothèse choquait visiblement cette grande loi de continuité et de régularité qui prévaut toujours en paléontologie. Sous l'empire de cette idée, d'actifs chercheurs se mirent à l'œuvre. A la suite d'une analyse plus détaillée de ce massif d'accès difficile, ils reconnurent que l'anomalie disparaîtrait entièrement, si on admettait qu'à Hallstatt la série des sédiments fût *renversée*. De cette façon, les deux étages que M. de Mojsivovics avait distingués, le *carnien* et le *norien*, subsistaient bien ; seulement le premier, considéré au début comme le plus jeune, devenait le plus ancien. Cette idée une fois admise, plus n'était besoin de provinces distinctes, et les ammonites s'étaient succédé dans le pays de Salzbourg tout comme elles avaient fait dans la région méditerranéenne.

Ainsi des études stratigraphiques plus précises finissaient par faire prévaloir une solution que le bon sens, peut-on dire, rendait souhaitable dès le début à ceux qui avaient foi en la paléontologie. Une fois de plus il était démontré que, dans les districts disloqués, c'est à cette science que revient le droit de dire le dernier mot ; de sorte qu'*à priori* toute interprétation qui la choque doit être tenue pour suspecte.

D'ailleurs la paléontologie n'était pas seule à intervenir pour faire naître des doutes sur la régularité de la stratification dans les Alpes orientales. Nous venons de parler des gisements de sel gemme qui apparaissent dans le trias de cette région. Au milieu d'un type essentiellement

méditerranéen, comme l'est dans son ensemble le trias calcaire de Hallstatt, une telle apparition constitue une véritable anomalie. Au contraire, la présence du sel, vers la base du système, est la règle générale dans cette *province germanique* qui embrasse surtout la Franconie et la Souabe, et dont le *facies*, caractérisé par la succession du grès bigarré, du muschelkalk ou calcaire conchylien, et des marnes bariolées, se distingue si profondément du facies *méditerranéen*.

Les deux types se seraient-ils donc enchevêtrés à Hallstatt ? Ce serait bien étrange, si l'on songe qu'alors la Bohême était certainement émergée et qu'elle envoyait vers l'ouest un promontoire atteignant au moins le lac de Constance, la terre *vindélicienne* des géologues bavarois et suisses. C'est précisément cette terre qui aurait dû former la limite entre les deux provinces, dont le contact ne pouvait se produire qu'à son extrémité sud-ouest, et nullement à Salzbourg.

L'interprétation nouvelle des Alpes orientales fait évanouir cette difficulté, si les calcaires observés à Hallstatt n'y sont plus à leur place, mais viennent d'une région plus méridionale, d'où ils auraient été poussés sur un district où prévalait encore le facies germanique. Ainsi cette solution, contre laquelle les géologues autrichiens protestent avec tant de vigueur, n'hésitant pas à qualifier les nappes de charriage de *bonnes à tout faire*, ne se borne pas à mettre de l'unité dans l'histoire de la chaîne alpine, en étendant à la partie orientale le régime de chevauchement qui caractérise si nettement la portion occidentale. Par surcroît, elle supprime une conception qui s'accordait mal avec les principes généraux de la science.

Il est vrai que le pays de Salzbourg a toujours été reconnu comme exceptionnellement disloqué, et que sa structure peut demeurer très différente de celle des Alpes situées à l'ouest de l'Inn, dont l'aspect extérieur semble impliquer une construction infiniment plus simple. Pour-

tant, dans ces dernières années, des faits nouveaux avaient été mis en évidence, qui suffisaient à faire deviner que, sous cette apparente simplicité, devait se cacher une très grande complication architecturale.

Tous ceux qui ont parcouru autrement qu'en simples curieux les environs de la vallée de l'Inn, en aval d'Innsbruck, n'ont pu manquer d'être frappés de la régularité avec laquelle les masses calcaires des hauteurs se profilent sur l'horizon. Nulle part cette impression n'est plus saisissante qu'à la vue du *Dachstein*, cet imposant massif qui domine si fièrement le lac de Hallstatt. Aussi, quand on entendait dire ensuite que, du haut en bas, cette montagne était formée par un récif calcaire, appartenant à la fin des temps triasiques, on ne doutait plus qu'on n'eût devant soi, presque dans sa position originelle, la chaîne des constructions coralliennes qui s'élevaient alors dans les mers chaudes de l'époque.

Pourtant, à mesure que progressait l'étude géologique de détail, dans ces régions si fertiles en accidents, on s'était aperçu qu'à diverses reprises, il s'intercalait, dans la masse du calcaire compact, des lits plus ou moins minces de dépôts d'une autre nature et dont les fossiles représentaient toute la série des étages compris entre le trias et le milieu du lias. Néanmoins ces intercalations paraissaient horizontales, et le calcaire massif revenait par dessus, identique avec celui du bas.

Qu'en conclure, sinon qu'on se trouvait près de la limite de deux territoires, l'un fréquenté par les animaux constructeurs, l'autre plus littoral, où s'accomplissait un autre mode de sédimentation ? Les deux territoires devaient, par instants, empiéter plus ou moins l'un sur l'autre. De la sorte, la formation des récifs, souvent interrompue par un retour momentané d'une sédimentation différente, aurait repris chaque fois, après cet épisode, dans les mêmes conditions qu'auparavant ? A la vérité,

cette complaisance de la construction corallienne, à se répéter indéfiniment à travers tant de périodes, malgré des accrocs momentanés, aurait dû sembler suspecte. Mais que faire contre l'apparente évidence, et quelle autre interprétation donner à ces intercalations si régulières?

C'est alors que M. Wähner, après s'être au début laissé prendre à cette régularité, entreprit l'étude détaillée d'un massif calcaire voisin, le Sonnwendgebirge, qui se dresse jusque vers 2600 mètres d'altitude sur la rive gauche de la vallée de l'Inn et offre les mêmes particularités que le Dachstein. Ne se contentant plus d'à peu près, mais dressant des profils soignés de tous les escarpements, il reconnut que les couches intercalées n'étaient que grossièrement horizontales, que beaucoup finissaient en coin dans les formations encaissantes, et finalement il établit sans doute possible que la masse calcaire se composait de *plis couchés et empilés*, au point que la même couche revenait jusqu'à *trois fois* dans une même verticale. De la sorte, les sédiments intercalés n'avaient nullement interrompu la formation du récif, beaucoup moins épais qu'on ne se l'était figuré. Ils y apparaissaient par suite de l'énergique refoulement qui, affectant tous les étages, du trias jusqu'au sommet du jurassique, avait produit cet énorme empilement de plis, couchés jusqu'à l'horizontale, dont la masse forme aujourd'hui les crêtes des Alpes calcaires.

Un tel résultat aurait dû être salué non seulement comme une conquête de la stratigraphie et aussi en raison de la lumière, entièrement nouvelle, qu'il projetait sur la structure des Alpes orientales, mais parce qu'il faisait disparaître la choquante anomalie de ces régimes coralliens si souvent alternés et néanmoins toujours identiques. En le reconnaissant de bonne grâce, les géologues autrichiens eussent ajouté à la gratitude due à leurs précédents travaux. Déconcertés par le trouble immédiat que cette manière de voir apportait à des conceptions depuis long-

temps familières à leur esprit, et dont chacune se liait au souvenir des grands efforts dépensés en vue d'un problème difficile, ils ont préféré défendre avec acharnement les positions déjà prises et se répandre en sarcasmes contre les *géopoètes* et les *géomystiques*. Il est douteux que l'avenir leur donne raison.

Mais nous ne sommes pas au bout des simplifications qu'introduit la nouvelle manière d'envisager la structure des Alpes orientales. Au cœur de cette chaîne existe, dans la localité classique de Gosau, près de Salzbourg, un gisement depuis longtemps célèbre parmi les paléontologistes. Toute la surface du pays est constituée par la masse puissante, et en apparence régulière, des calcaires d'âge triasique. Autour de Gosau, des ravins s'ouvrent dans cette masse et laissent apparaître à son pied, dans un désordre tel que jamais la succession n'en a pu être rigoureusement établie, des marnes avec fossiles de l'âge de la craie, notamment des ammonites, puis des conglomérats, des couches de lignite avec fossiles d'eau douce ou saumâtre, enfin des lits remplis d'*hippurites*, c'est-à-dire de fossiles qui, à l'époque crétacée, construisaient en compagnie des polypiers de véritables récifs, par l'accumulation de leurs grosses coquilles semblables à des cornets.

Cette apparition, en plein massif calcaire, tout près de l'ancien rivage septentrional des mers de la craie, d'un facies ordinairement cantonné dans la région méditerranéenne avait droit de surprendre. On crut l'expliquer d'une manière satisfaisante, en admettant que la mer du bassin méditerranéen avait envoyé des *fjords* dans la région alors occupée par les calcaires triasiques déjà exondés, et que, dans ces fjords, les hippurites avaient réussi à s'acclimater.

Mais alors surgissaient, pour quiconque eût voulu y réfléchir, des montagnes de difficultés. Comment, dans

ces bras de mer si étroits, avait-il pu vivre côte à côte des ammonites, c'est-à-dire des animaux de régime pélagique, et des hippurites, toujours associées aux formations coralligènes ? Par quelle dérogation celles-ci, qui demandent un rivage bien ouvert et soustrait à tout apport continental sérieux, s'étaient-elles installées au pied des falaises de ce gouffre ouvert dans la masse calcaire ? Que venaient faire là ces couches d'eau douce et de lignite, avec leurs ossements de dinosauriens, reptiles terrestres qui auraient dû se trouver bien embarrassés de fréquenter de tels parages ?

Mais ce n'est pas tout : à supposer qu'on passât condamnation sur ces étranges associations, par quelle grâce aucun sédiment ultérieur n'était-il venu boucher le trou au fond duquel ces dépôts avaient pris naissance ? Surtout, comment était-il possible que l'ancien fjord, emporté dans ces énergiques bouleversements alpins, dont la chaîne portait l'empreinte si manifeste, eût été si bien respecté dans ses contours qu'aujourd'hui encore on en pût reconstituer le dessin ? Autant d'énigmes qui auraient dû se présenter à l'esprit, s'il n'arrivait pas souvent aux hommes de science, tout comme aux enfants, de fermer volontairement les yeux pour ne pas voir les choses gênantes, ou bien, par un accord tacite, de faire le silence sur de graves difficultés, dont on réserve l'étude pour le futur contingent.

Aujourd'hui toutes ces anomalies disparaissent. Le vallon de Gosau et les ravins affluents ne dessinent nullement un ancien fjord, mais bien les contours plus ou moins capricieux d'une *fenêtre*, c'est-à-dire d'une déchirure ouverte à travers le massif charrié, et permettant d'apercevoir par dessous des lambeaux d'autres formations, empruntées comme le massif aux régions méridionales. La violente poussée alpine a dû faire naître au moins deux grandes vagues souterraines. La première, la vague crétacée, ayant été poussée jusqu'à Gosau, la seconde, d'origine plus profonde, la vague triasique, a déferlé par dessus,

l'écrasant sous son poids et la masquant si bien qu'on ne la voit plus qu'aux points où des déchirures ont accidenté sa couverture. Les hippurites n'ont pas vécu au milieu de fjords encadrés par les falaises triasiques. Il y a gros à parier que, si des travaux souterrains de recherches étaient exécutés dans les ravins de Gosau, d'ailleurs si différents les uns des autres malgré leur immédiate proximité, on verrait que les terrains crétacés *ne s'adossent pas* au massif calcaire, mais *passent par dessous*, en lames plus ou moins discontinues.

Sans doute, dans cette conception, l'espoir de débrouiller la stratigraphie de Gosau s'éloigne plus que jamais, puisqu'il s'agit de lambeaux charriés, où les juxtapositions les plus étranges peuvent se produire. Mais n'est-ce pas une compensation suffisante, de voir disparaître tant d'énigmes, dont chacune soulevait une véritable incompatibilité ?

Pour terminer cet exposé des « surprises » de la stratigraphie, nous en mentionnerons encore une, de portée moins haute que les précédentes, mais qui n'en mérite pas moins d'être enregistrée, dans un travail destiné surtout à montrer combien il importe aux géologues d'être sur leurs gardes, en ce vingtième siècle si fertile en choses inattendues.

On sait que le terrain de *craie blanche*, si répandu en Angleterre, dans le bassin de Paris, dans le Hainaut belge, etc., s'est étendu fort loin vers le nord ; et, depuis longtemps, on en connaît des affleurements sur les bords de la Baltique méridionale, notamment à l'île de Rügen, contre la côte allemande, et aussi en Scanie, c'est-à-dire à la pointe méridionale de la Suède. La craie y est blanche, traçante comme la craie de Meudon ou d'Obourg près de Mons, et contient comme elle des cordons de silex ainsi que des bélemnites.

On avait bien remarqué que la craie des falaises de

Rügen est particulièrement disloquée, parcourue de nombreuses crevasses qui la divisent en paquets, dont quelques-uns sont affectés d'une notable inclinaison. Comme la surface du sol abonde en moraines de l'époque glaciaire, on n'avait pas manqué d'attribuer ce désordre à l'énergique poussée des glaciers baltiques, à l'époque où ils s'avançaient en Allemagne jusqu'aux premiers contreforts du Hartz et de la Saxe. Pourtant, tout en admettant cette cause spéciale de dislocations, il n'était pas venu à l'esprit de soupçonner que des masses de craie d'une telle étendue pussent n'être pas en place.

Or, tout récemment, les besoins de l'exploitation de la craie blanche, recherchée en Scanie pour divers usages, et habituellement masquée par une certaine épaisseur d'argiles glaciaires avec blocs erratiques, ont conduit à exécuter un certain nombre de sondages, en vue de reconnaître la profondeur, l'épaisseur et l'étendue des masses exploitables. Un géologue suédois, M. Holst, a suivi tous ces sondages et il en a tiré la preuve que la craie blanche de la Scanie n'est pas en place ! Elle se décompose en gros *paquets* isolés, dont quelques-uns atteignent jusqu'à 850 mètres de long et 300 mètres de large, avec une épaisseur de 15 mètres, et ces paquets sont *emballés* dans le terrain glaciaire, dont ils font partie intégrante. Ce sont donc d'immenses *blocs erratiques de craie*, arrachés par la pression du glacier baltique à des gisements qui devaient se trouver à l'est de la Scanie, et déposés avec les moraines aux points où on les observe aujourd'hui !

Ainsi s'explique cette circonstance curieuse, et jusque-là tout à fait énigmatique, à savoir qu'en Scanie la craie blanche est atteinte à quelques mètres au-dessous de la surface du sol, aux environs de Tullstorp, tandis qu'il faut aller à une profondeur variable de 33 à 70 mètres pour rencontrer le calcaire dit de *Saltholm*, analogue du calcaire de *Faxe* du Danemark, du *calcaire pisolithique*

de Meudon près Paris, du tuffeau de Saint-Symphorien près Ciply, etc.

Cependant ce dernier calcaire, type de l'étage *danien* des géologues, véritable terme de passage entre le terrain crétacé et le terrain tertiaire, est manifestement postérieur à la craie blanche. Il devrait donc se trouver *par dessus*, si cette dernière était en place. Les relations de niveau que nous venons de rappeler ne pouvaient s'expliquer que par deux hypothèses. Ou bien le calcaire de Saltholm, formation très analogue à un récif, s'était déposé au pied d'une falaise de craie blanche, ou bien sa position actuelle résultait de dislocations. Quant à supposer qu'il y eût *transport* de la craie blanche par dessus l'autre, jamais on n'y aurait songé, vu l'énormité des paquets, sans la démonstration décisive apportée par les travaux de sondages.

Cependant un pareil transport n'a pu s'accomplir sans exposer certains paquets d'une masse aussi friable que la craie à être réduits en miettes. Précisément cela explique une autre anomalie du gisement, c'est-à-dire la présence fréquente, à côté de massifs de craie intacte, de *brèches* uniquement formées de morceaux anguleux de craie et de silex écrasés ; si bien qu'on les désignait sous le nom de *trümmerkalk* ou *calcaire en débris*, s'accommodant avec une rare complaisance de la juxtaposition d'un tel type détritique avec le dépôt d'allure si calme que trahit la craie blanche à écrire.

Or ces brèches résultent d'un effort de pression, et parfois on constate que cet effort a été suffisant pour faire pénétrer dans la craie, jusqu'à une assez grande distance, des morceaux d'argile glaciaire avec blocs erratiques. Mieux encore ! il est des cas où, en pleine craie parfaitement pure, on a trouvé des fragments de *bois de cerf*, et cela une fois jusqu'à 6 mètres de la surface libre du paquet !

Toutes ces étrangetés sont maintenant expliquées et,

une fois de plus, la « surprise » a pour effet d'écarter des difficultés réelles, inconciliables avec le mode de gisement que, jusque-là, on se croyait fondé à attribuer à la craie du sud-ouest de la Baltique. Mais cette conclusion va plus loin que la Scanie et la côte de Rügen. Elle permet, comme le remarque M. Holst, de faire peser un grave point de doute sur toute une série de gisements de l'Allemagne du Nord, actuellement décrits comme *interglaciaires*.

Il arrive souvent, en effet, qu'entre deux nappes formées l'une et l'autre d'un incontestable terrain morainique avec blocs glaciaires, on observe, soit un amas lenticulaire de *lignite*, avec empreintes végétales fossiles, parfois même restes d'industrie, soit une intercalation de sables et de graviers, d'origine manifestement fluviatile, avec ossements de mammifères.

L'un des plus célèbres parmi ces gisements est celui de Rixdorf, faubourg de Berlin, où deux nappes d'argile glaciaire à blocaux encadrent une dizaine de mètres de sables et de graviers, où abondent les restes d'*éléphant antique*, de *mammouth*, de *rhinocéros à narines cloisonnées*, de *rhinocéros à petit museau*, etc. Tous les auteurs y ont vu la preuve qu'à Rixdorf il y avait eu deux périodes d'avancement des glaciers, séparées par une phase d'adoucissement de la température, pendant laquelle s'était établi un régime fluvial, permettant l'existence des herbivores dont nous venons de rappeler les noms.

Or il est fort possible que cette manière de voir soit en défaut. Il se peut très bien qu'une masse de graviers, empruntée à un dépôt antérieur, ait été charriée par les glaces qui s'avançaient, comme l'ont été les paquets de craie; auquel cas il n'y aurait qu'un seul dépôt glaciaire, et les graviers lui seraient antérieurs. A l'appui de cette manière de voir, M. Holst a soin de faire remarquer que l'ensemble des pachydermes de Rixdorf a toujours été regardé comme assez déconcertant, parce que cette faune

est *mixte* et associe des espèces qui, d'ordinaire, ne se montrent pas ensemble, de sorte que, rien que pour cette raison, l'hypothèse d'un remaniement est assez plausible.

Ce n'est pas tout. La région de Rixdorf, avant comme après l'arrivée des sables, devait être une plaine sans pente. Comment, sur un pareil terrain, a-t-il pu exister des fleuves possédant une vitesse suffisante pour charrier des graviers? La difficulté est sérieuse, et fait encore pencher la balance en faveur d'un autre mode de dépôt.

Quoi qu'il en soit, et sans prétendre exclure de parti pris toute formation interglaciaire, il est certain que les observations faites en Scanie doivent rendre les géologues très prudents, quand il s'agit d'interpréter les dépôts intercalés dans le terrain erratique. Et l'importance de cette conclusion apparaîtra clairement, si l'on songe aux hypothèses auxquelles ces intercalations ont souvent donné lieu relativement à la longue durée des périodes glaciaires.

La prudence! voilà donc le fruit, de plus en plus manifeste, de l'expérience chaque jour acquise. Il nous plaît de rester sur cette constatation, et nous n'y ajouterons qu'une pensée, qui ressort de tous les cas examinés dans le présent article, c'est que cette prudence, imposée aux géologues par tant de surprises, a sa contre-partie dans une satisfaction à laquelle ils ne doivent pas être insensibles : celle de voir disparaître, dans chacune des occurrences où une interprétation nouvelle s'impose, quelque anomalie, parfois même quelque contradiction, sur laquelle un esprit avisé, au nom du simple bon sens, aurait pu se fonder *à priori* pour demeurer dans le doute au sujet de l'opinion généralement admise.

A. DE LAPPARENT.

LE SANG[1]

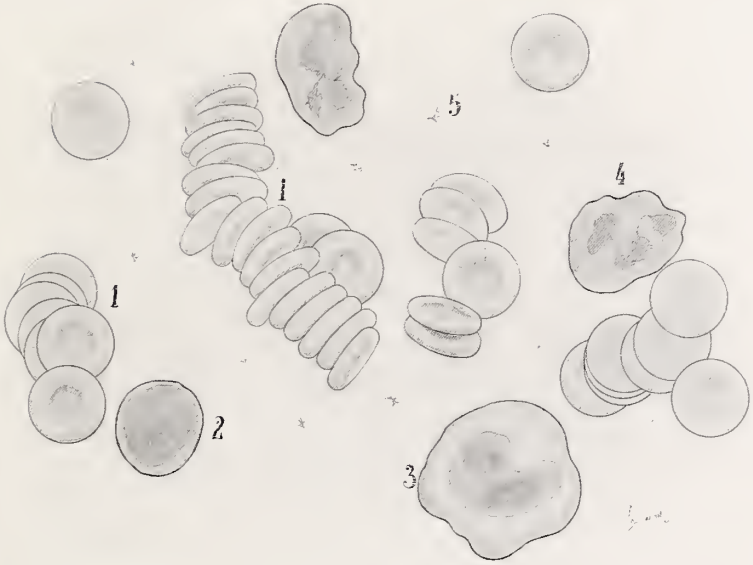
II

PHYSIOLOGIE DU SANG

Le rôle physiologique du sang est d'une extrême complexité, et lorsqu'on veut l'étudier — soit dans son ensemble, soit même seulement dans l'un de ses phénomènes — on se trouve dans un grand embarras. On éprouve l'anxiété d'un naturaliste devant une forêt mystérieuse, où des plantes de toute espèce, enchevêtrées les unes aux autres, resserrées par un lacis de lianes, formeraient un taillis inextricable. Dans l'histoire naturelle du sang, en effet, il est presqu'impossible d'étudier un phénomène en l'isolant de ses voisins : ils dépendent les uns des autres ; souvent un organe du sang remplit trois ou quatre fonctions, et encore il les partage avec d'autres organes du sang, ou même avec des organes étrangers au sang. Et si l'étude d'une des fonctions du sang est ainsi compliquée, à plus forte raison est-il difficile de se former de sa physiologie totale une vue claire et adéquate, un plan bien net.

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1904, p. 116. Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique à Bruxelles, le 12 avril 1904.

ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG



(Diam. × 1500)

1 Hématies
2 Lymphocyte
3 Gros mononucléaire } Leucocytes
4 Polynucléaire
5 Plaquette ou hématoblaste

LE SANG
par M. Lefebvre

Sans prétendre obtenir ce résultat parfait, nous essayerons du moins de simplifier notre étude, en divisant les fonctions du sang en deux catégories :

Le sang est d'abord un *agent de transport*, et comme tel il met en relation les diverses parties du corps avec le milieu extérieur, apportant à chacune ce qui lui est utile parmi les substances puisées dans ce milieu, exportant aussi les produits d'usure dont chaque partie doit se débarrasser ; comme tel encore il met en relation les diverses parties du corps les unes avec les autres, prenant à chacune ce qu'elle peut lui donner pour le distribuer convenablement à d'autres.

Ensuite, le sang est un *agent doué d'une activité propre :* il contient par nature ou il produit suivant les besoins un grand nombre de substances utiles dont il fait part aux régions du corps qui les réclament ; ou bien encore, au lieu de produire des matières utiles, il agit en détruisant des substances nuisibles qu'il rencontre sur son parcours.

On pourrait comparer ainsi le cours du sang dans l'organisme au régime des eaux dans un pays.

Les sources, les ruisseaux et les fleuves sont aussi des voies de transport : pendant que les eaux puissantes des grands fleuves, chargées de bateaux, maintiennent la prospérité du pays par l'importation et l'exportation, les eaux plus modestes des canaux intérieurs portent d'une ville à l'autre les produits d'échange.

Mais les cours d'eau ne sont pas seulement, comme disait Pascal, des chemins qui marchent : leur nature même les rend féconds, et l'eau cristalline de la source donne la vie avec la fraîcheur aux fougères penchées sur ses bords, et l'eau limoneuse des vastes fleuves abreuve et fertilise les grandes plaines qu'elle inonde chaque année.

§ 1. *Le sang, facteur de l'unité physiologique de l'organisme*

Soit qu'il charrie des matériaux puisés au dehors ou au dedans, soit qu'il fournisse ses propres produits, le sang se montre avant tout comme un des facteurs principaux de l'*unité physiologique* de l'organisme, c'est là le caractère fondamental de son action. D'une part, en effet, le sang baigne tous les tissus dans un liquide partout identique à lui-même : grâce à lui, toutes les cellules du corps se trouvent toujours en même temps entourées des mêmes conditions physiques et chimiques — ce que Claude Bernard exprimait très heureusement en appelant le sang « le milieu intérieur » de l'organisme (1). D'autre part — et surtout — le sang, nous venons de l'indiquer, distribue incessamment dans tout l'organisme les produits de chacune de ses parties : par là, chaque cellule du corps, peut-on dire, influe sur toutes les autres et subit l'influence de toutes les autres; chaque cellule devient en quelque sorte présente à tout le corps.

Cette influence en vertu de laquelle le sang relie, unifie toutes les parties du corps et les rend solidaires s'explique facilement lorsqu'on porte son attention sur les trois faits suivants :

1° *Dispersion extrême du sang dans tout l'organisme :* on le sait vulgairement, il est presqu'impossible de piquer d'une pointe d'aiguille une place quelconque du corps sans déchirer quelque capillaire sanguin et en faire sourdre une goutte de sang.

2° *Diffusion du sang par osmose* dans les tissus, grâce à laquelle il agit non seulement par lui-même dans les artères, les veines et les capillaires, mais encore en

(1) *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme.* Tome I. Leçon III. Et alibi passim.

dehors des vaisseaux par les liquides interstitiels qu'il entretient. Claude Bernard — dont on cite souvent l'expression que nous venons de rappeler : « le sang est un milieu intérieur » — avait soin d'expliquer ainsi sa pensée : « Nous comprenons sous ce nom le sang et tous les liquides plasmatiques ou blastématiques qui en dérivent (1) ».

3° Enfin *rapidité de la circulation*, qui fait qu'une masse totale de sang relativement peu considérable suffit à animer tout le corps.

On a vainement cherché à mesurer exactement la quantité de sang que renferme le corps humain ou le corps d'un animal. Les physiologistes qui ont essayé de résoudre ce problème en apparence assez simple — et ils sont nombreux — se sont heurtés jusqu'ici à d'invincibles difficultés. Il ne faut pas espérer mesurer cette quantité directement en cherchant à extraire tout le sang d'un animal : une hémorragie, si large qu'on la provoque, n'est jamais totale, et les tissus du cadavre, même découpés et lavés, retiennent toujours un peu de sang dont il est impossible d'évaluer la quantité.

On a donc tenté la mesure par des procédés indirects. A titre d'exemple, voici le procédé ingénieux de Malassez : on compte d'abord le nombre de globules que renferme à l'état normal un millimètre cube du sang de l'animal choisi. Soit n ce nombre. On injecte ensuite dans les veines de cet animal un volume connu V de sérum artificiel, ce qui aura pour effet de *diluer* le sang. On refait la numération des globules par millimètre cube après cette opération, et soit n' le nouveau nombre trouvé. L'opération n'ayant pas changé le nombre total des globules du sang, si on représente le volume total du sang en millimètres cubes par x, on aura :

$$nx = (x + V)\, n'$$

d'où :

(1) *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Leçon II.

$$x = \frac{n'V}{n - n'}.$$

Ce procédé donnerait un résultat exact, si le mélange du sérum artificiel et du sang était homogène dans toute l'étendue du cours du sang, ce qui est au moins fort douteux. De plus, l'injection du sérum provoque certainement la sortie des vaisseaux par osmose d'une quantité inconnue de plasma. Les autres méthodes, proposées par Valentin, Vierordt, Welcher, Bischoff, Heidenhain, Hayem, etc., ne sont pas plus sûres.

Il est permis cependant de se faire une idée approximative de la quantité totale du sang dans le corps humain, en se basant sur les moyennes des résultats de si nombreuses recherches : on peut admettre que le sang d'un homme sain équivaut environ à la dixième partie de son corps. Un homme de 70 kilogr. posséderait environ 7 litres de sang (1).

C'est cette quantité relativement minime de sang qui, grâce à sa circulation rapide et continuelle, établit en quelque sorte entre tous les organes et tous les tissus, comme le dit très bien M. Labbé, « une sorte de contact à distance » (2).

D'après les expériences déjà anciennes de Vierordt (3), que les recherches ultérieures paraissent avoir confirmées, on admet que la durée d'une révolution complète du sang est de 23 à 24 secondes, c'est-à-dire que dans ce court laps de temps, une portion du sang peut avoir parcouru le double trajet de la circulation générale et de la circulation pulmonaire. Ce n'est pas à dire, évidemment, que *tout* le sang du corps repasse toutes les 24 secondes dans un organe donné : le courant sanguin n'est pas assimilable à un immense train de chemin de fer dont toutes les

(1) La fraction 1/10, vu son incertitude et étant donnée la densité du sang très voisine de 1 (D = 1,05), représentera aussi bien la proportion en volume que la proportion en poids.

(2) Marcel Labbé, *Le Sang*. Baillière, 1902.

(3) Wagner's *Handbl. f. Physiol.*, 1842. T. I, p. 84.

voitures se suivraient sans cesse dans le même ordre ; le sang mélange sans cesse toutes ses parties, il se brasse, si l'on peut dire ainsi, et se disperse sans cesse en désordre. Mais le chiffre de 24 secondes n'en indique pas moins la vitesse du sang : un globule donné *peut* accomplir le circuit complet en ce laps de temps. Ainsi, en moins d'une demi-minute, quelques gouttes de poison instillées dans un vaisseau peuvent être dispersées dans les régions du corps les plus éloignées de la lésion ; ou encore dans le même temps, les produits de sécrétion d'un organe malade, les toxines d'un microbe infectieux ou ce microbe lui-même, peuvent être transportés dans tout l'organisme. Cette rapidité de diffusion rend bien compte de l'action foudroyante de certaines intoxications, comme celles de l'acide prussique, du curare, etc...

L'action puissante de certains organes sur tout l'organisme s'explique du même coup : « En vingt-quatre heures, dit M. Labbé, 20 000 litres de sang traversent les poumons, 130 litres passent à travers les reins. Ainsi un nombre immense de molécules du sang, avec toutes les substances qu'elles véhiculent (aliments, toxines, microbes, etc.), sont offertes aux organes, qui y puisent, avec une sorte d'élection, ce dont ils ont besoin pour leur nutrition ou ce qu'ils sont chargés de détruire. — Bien que la quantité d'urée soit très peu différente dans la veine et dans l'artère rénales, le rein n'en élimine pas moins, chez un adulte, 35 grammes d'urée par jour ; c'est que ces 35 grammes sont pris aux 130 litres de sang qui ont traversé le rein durant ce temps. C'est ainsi qu'un léger excès de glucose dans le sang (3 pour 1000 au lieu de la quantité normale 2 pour 1000) va fournir aux reins l'occasion d'éliminer en un jour 130 grammes de sucre (1). »

(1) M. Labbé, *loc. cit.*

§ 2. *Le sang, agent d'excitation physiologique*

Ce caractère fonctionnel en vertu duquel le sang maintient l'unité physiologique de toutes les parties du corps est assurément frappant pour le physiologiste qui a pénétré les mystères de la circulation. Mais à côté de celui-là, il en est un autre, qui s'est imposé de tout temps non seulement à l'observation du savant mais à l'attention du vulgaire. C'est cette influence puissante que nous avons signalée dès la première page de cette étude et qui fait que le sang a toujours été considéré par les hommes comme la *source de la vie :* traduisant cette impression vulgaire en un langage scientifique, nous dirons que le sang est l'agent premier ou du moins le soutien nécessaire de l'*excitation* des organes, ou, comme on le dit maintenant en pénétrant un peu plus profondément les choses, de l'*irritabilité* des cellules et des tissus.

Nous avons dit assez combien cette idée était ancienne et universelle. De là vient ce sentiment d'effroi qui nous prend tous, hommes d'étude ou hommes du peuple, à la vue des hémorragies abondantes : nous avons l'instinct qu'avec le sang, c'est la vie qui s'en va !

Claude Bernard et, après lui, Brown-Séquard faisaient à ce sujet de curieuses expériences. Le premier enfonçait par la veine jugulaire dans le ventricule droit d'un petit animal une sonde à laquelle était adaptée une seringue. Il aspirait dans la seringue une quantité notable de sang : l'animal tombait aussitôt comme mort. Mais si, sans prolonger trop longtemps cet état de mort apparente, il pressait ensuite sur le piston de la seringue pour restituer à la victime le sang qui lui avait été enlevé, l'animal revenait à la vie (1). Brown-Séquard liait les artères qui

(1) *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme.* Tome I. Leçon III.

se rendent à la tête d'un chien et montrait l'étrange spectacle d'une tête morte sur un corps plein de vie ; puis, en permettant de nouveau le cours du sang dans les artères, il rendait peu à peu la vie à cette tête inanimée (1).

Nous ne nous attarderons pas à scruter ces phénomènes : il suffit pour comprendre, du moins dans son ensemble, l'action excitatrice du sang de se rappeler les généralités que nous avons exposées sur ses fonctions : le sang apporte à tous les tissus les substances du dehors qui sont nécessaires à leur vie ; il transporte les influences réciproques des organes ; lui-même, enfin, possède une action propre, due à ses propriétés physiques et chimiques. Si le sang vient à manquer, chaque tissu, chaque cellule abandonnée à ses propres forces ne tarde pas à périr. Sans chercher à préciser le rôle de chacune de ces influences dans l'action excitatrice, vivifiante du sang, bornons-nous à signaler comme la plus immédiatement nécessaire, l'influence de l'oxygène de l'air transporté par les hématies, de telle sorte que la mort par hémorragie semblerait essentiellement causée par l'asphyxie des tissus.

§ 3. *Le sang, agent de transport entre le milieu extérieur et l'organisme*

Les substances que transporte le sang ont, nous l'avons dit, une double origine : les unes viennent de l'extérieur, comme l'oxygène ou les matières alimentaires ; les autres sont produites par l'organisme lui-même.

Nous allons passer en revue, d'une façon aussi succincte que possible, ces différentes catégories de substances et leur mode de transport.

L'oxygène nécessaire à la combustion est puisé dans

(1) M. Labbé, *loc. cit.*

l'air par les poumons et passe par osmose dans les capillaires sanguins des vésicules pulmonaires. Il se fait là une extraction élective de cet élément de l'air : l'air normal qui pénètre dans les poumons à chaque inspiration contient en volume, chiffres ronds, 21 p. c. d'oxygène, 79 d'azote et des traces d'anhydride carbonique (3 à 6 dix millièmes), tandis que l'air expiré conserve à peu près la même teneur en azote, mais ne contient plus que 16 p. c. d'oxygène et, par contre, renferme 4 à 5 p. c. d'anhydride carbonique. Nous avons dit déjà que cette absorption d'oxygène était due à l'affinité de l'hémoglobine pour cet élément. Ce sont donc exclusivement les hématies qui se chargent d'oxygène et le transportent dans toutes les parties du corps sous forme d'oxyhémoglobine. Distribuée grâce aux ramifications multiples des capillaires jusque dans l'extrémité de tous les tissus, l'oxyhémoglobine se réduit, c'est-à-dire perd son oxygène, qui est utilisé pour la combustion du carbone organique. Le produit de cette combustion est l'anhydride carbonique, résidu de la vie dont l'organisme doit se débarrasser et que le sang est encore chargé de transporter aux organes capables de l'expulser. Nous venons de voir que ces organes étaient les poumons, puisqu'ils rejettent précisément un volume d'anhydride carbonique correspondant au volume d'oxygène absorbé. Mais ici ce n'est plus l'hématie qui remplit le rôle de véhicule, l'hémoglobine n'ayant aucune affinité chimique pour l'anhydride carbonique : près des neuf dixièmes de ce gaz se retrouvent en solution dans le plasma, un dixième environ s'attache aux globules, mais sans doute par un phénomène purement physique et non par affinité chimique.

Le sang contient toujours aussi un peu d'azote en solution dans le plasma, mais rien ne porte à croire que ce gaz si inactif joue un rôle quelconque dans l'intérieur du corps.

Accidentellement le sang peut se charger d'autres gaz. Une célèbre expérience de Claude Bernard montre par

exemple le rôle du sang dans l'intoxication par l'hydrogène sulfuré : si l'on introduit de l'hydrogène sulfuré dans une veine d'un animal, celui-ci n'en subit pas l'effet toxique parce que le sang veineux, ramené au cœur et renvoyé de là aux poumons, se décharge dans ces derniers organes, au contact de l'air, de son terrible fardeau, avant d'avoir pu le porter aux capillaires. Injecté dans une artère au contraire, l'hydrogène sulfuré entraîne une mort rapide parce que le sang artériel se dissémine directement dans les capillaires du corps et porte ainsi au sein des tissus le gaz mortel.

Plus remarquable, plus redoutable aussi, est la combinaison de l'oxyde de carbone avec le sang. Nous employons à dessein ce terme de combinaison : l'oxyde de carbone ne se dissout pas simplement dans le sang ; il forme avec l'hémoglobine des hématies une véritable combinaison, à la façon de l'oxyhémoglobine, et à laquelle on a donné le nom de *carboxyhémoglobine*. Mais à la différence de l'oxyhémoglobine, la carboxyhémoglobine est un composé stable : les hématies qui en ont été chargées ne peuvent plus s'en débarrasser et deviennent, par conséquent, impropres à la respiration. L'oxyde de carbone, produit de la combustion incomplète du carbone, tel qu'il se forme par exemple dans les poêles à tirage insuffisant, a donc un effet toxique très particulier : il tue littéralement par asphyxie des tissus.

De même que les poumons forment la voie propre de l'entrée et de l'absorption des gaz, et en particulier de l'oxygène atmosphérique, de même les voies digestives sont les voies naturellement destinées à l'introduction et à l'absorption des matières solides et liquides et, avant tout, des aliments. D'ailleurs, ces voies ne sont pas exclusives, et l'on peut dire que toute surface du corps, soit extérieure soit intérieure, est capable d'absorber, du

moment qu'elle est perméable. Dans tous les cas, cette absorption est accomplie par voie d'osmose.

Nous ne nous attarderons pas à étudier le mécanisme de cette absorption, qui sort complètement de notre sujet. Il suffira de rappeler que dans l'ordre habituel les aliments, convenablement préparés et rendus solubles par les sucs digestifs qu'ils rencontrent dans la bouche, l'estomac, les premières portions de l'intestin grêle, sont principalement absorbés par les capillaires sanguins et lymphatiques des villosités intestinales. La portion qui pénètre dans les lymphatiques finit par se déverser dans le sang par l'intermédiaire des chylifères et du canal thoracique.

Mais il est intéressant et tout à fait du domaine de notre étude, de nous demander par quelles parties du sang et par quel mécanisme les substances alimentaires sont ainsi transportées aux tissus qu'elles iront entretenir ou développer.

Ici les hématies n'ont plus rien à voir ; nous avons étudié leur rôle dans le transport de l'oxygène, et leur rôle s'arrête là. Ce sont les deux autres parties du sang qui servent de véhicules aux aliments : le plasma et les leucocytes ; et quoique nous ne puissions encore déterminer d'une façon complète et précise ce que chacun de ces deux éléments transporte, des recherches récentes nous ouvrent cependant sur cette question, et particulièrement sur le rôle des leucocytes, de très curieux aperçus.

Il est certain qu'un bon nombre de substances absorbées se répandent simplement dans le plasma, soit du sang, soit de la lymphe d'abord et du sang ensuite, à l'état de solution : l'eau, des sels, des peptones peut-être, etc...

Mais beaucoup de matières alimentaires sont charriées par les leucocytes, et même parmi celles que transporte le plasma plusieurs subissent encore l'action de ces étranges cellules.

Pour le comprendre, il faut se rappeler d'abord le phénomène de la phagocytose que nous avons déjà décrit :

les leucocytes exercent certainement en grand leur puissance phagocytaire sur beaucoup de substances alimentaires ; les graisses, par exemple, si abondantes dans les chylifères, sont transportées au moins en partie par les leucocytes. D'après beaucoup d'auteurs, les granulations des leucocytes seraient en bonne partie des particules alimentaires. Ranvier et, après lui, Salmon paraissent avoir reconnu du glycogène dans certaines de ces granulations. Erlich considère les *Mastzellen* comme des cellules chargées de réserves alimentaires.

En outre les leucocytes, ainsi que nous aurons l'occasion de le redire, possèdent une autre propriété, au moins aussi importante que la phagocytose : ils fabriquent et ils sécrètent divers ferments solubles, et par là ils agissent sans doute aussi sur les substances puisées dans les aliments. C'est peut-être grâce à des actions de ce genre que diverses matières albuminoïdes, transformées en peptones par les sucs digestifs, subissent de nouvelles transformations qui leur permettent d'entrer par assimilation dans la constitution des tissus.

Agent de transport pour les aliments absorbés, le sang se charge de la même façon, dans son plasma et ses leucocytes, de toute autre substance originaire du dehors et absorbée par une voie quelconque, substances tantôt utiles, comme les médicaments, tantôt nuisibles, comme les poisons ou les microbes. De nombreuses expériences ont démontré notamment le rôle fort important que jouent les leucocytes dans l'absorption, la transformation, le transport d'un grand nombre de médicaments : le fer, l'arsenic, le calomel, le salycilate de soude, l'iode, etc. (1).

Qu'il s'agisse de matière alimentaire proprement dite ou de médicament, il est à noter que le leucocyte ne se borne pas à se l'incorporer par phagocytose : il agit

(1) Montel, *Rôle des leucocytes dans l'absorption des médicaments*. Thèse de Bordeaux, 1901.

encore chimiquement sur les particules qu'il a introduites dans sa masse, il les solubilise, il les *digère*, il les assimile, il les rend partie intégrante de sa molécule albuminoïde.

Mais le fait sans doute le plus étrange dans cette histoire de l'absorption et du transport des matières étrangères, c'est que les leucocytes les transportent, d'une façon en apparence intelligente, aux régions, aux tissus qui en ont un besoin spécial : les sels calcaires vont aux os, le fer à la rate et à la moelle rouge, les graisses sont emmagasinées dans des réserves localisées, etc. C'est surtout dans la répartition des médicaments que cette action élective est le plus manifeste : ainsi, « les leucocytes apporteraient le mercure aux lésions syphilitiques, le fer aux organes hématopoïétiques des anémiques, l'arsenic à la glande thyroïde et aux organes épidermiques, l'acide cinnamique ou le baume du Pérou aux foyers de tuberculose pulmonaire » (1).

Cette nouvelle faculté que possèdent les leucocytes de se diriger dans leurs voyages à travers le corps, tantôt vers un point, tantôt vers un autre, suivant les besoins des diverses régions, est véritablement mystérieuse. Les savants l'ont expliquée cependant : ils lui ont donné un nom grec ; cela s'appelle la *chimiotaxie*, mot assez mal forgé, mais qui a l'intention de signifier : *mise en ordre de marche par influence chimique*. Et, assurément, si cette explication ne satisfait pas tout le monde, c'est à désespérer du grec ! Nous rencontrerons encore plus d'une manifestation de cette importante propriété, mais sans pouvoir en tirer plus d'éclaircissement sur sa nature : autant vaut donc en dire dès maintenant tout le peu qu'on en sait : la chimiotaxie dépend d'une « sensibilité » particulière des leucocytes à l'influence de certains organes, de

(1) Bezançon et Labbé, *Traité d'hématologie*, p. 471.

certains tissus, de certaines substances qui les attirent, même de très loin, ou qui les repoussent : d'où la distinction d'une chimiotaxie positive et d'une chimiotaxie négative ; celle-ci, toutefois, n'est pas démontrée. Quelle est la nature de cette attraction ou de cette répulsion ? Elle est probablement d'ordre chimique. Comment se manifeste cette sensibilité ? Précisément par la direction commune, par l'accumulation d'une multitude de leucocytes vers le centre d'attraction, d'abord en suivant les canaux de la circulation, puis par diapédèse. C'est ainsi, par exemple, que se forment ces collections parfois énormes de pus dans une région infectée. Comment se transmet cette influence dans les diverses parties du corps ? Nous l'ignorons : il est possible que le courant sanguin ne soit pas le seul agent de communication, et que le système nerveux y soit pour quelque chose... On a dit parfois qu'elle ne s'étendait pas en réalité à une très grande distance du point influent et qu'il fallait simplement admettre que les globules blancs, entraînés par le cours indifférent de la circulation, étaient seulement arrêtés au passage quand, d'aventure, ils arrivaient à proximité du lieu d'élection. Mais certains faits obligent à admettre une propagation lointaine de l'action chimiotaxique : dans certains cas, en effet, elle ne s'exerce pas seulement sur les globules en circulation, mais aussi sur les organes formateurs de ces globules, organes qu'on appelle *hématopoïétiques*, dont elle surexcite la fonction, même dans les régions les plus éloignées.

Pour en finir avec cette fonction du sang qui consiste à distribuer dans l'organisme les matériaux puisés au dehors, rappelons ce que nous avons déjà mentionné : que le sang ne transporte pas seulement les matériaux utiles, oxygène, aliments, médicaments, mais malheureusement aussi, quand le cas se présente, des substances nocives, comme les poisons, les microbes. Et ici encore les divers éléments du sang peuvent intervenir dans le

transport : le plasma, les leucocytes et même les hématies. Nous avons signalé déjà le transport par ces dernières de l'oxyde de carbone ; le protoxyde d'azote voyage de la même façon. L'hydrogène sulfuré se dissout peut-être dans le plasma. Divers sels solubles se dissolvent certainement aussi dans le plasma à la façon du chlorure de sodium... Mais c'est surtout le rôle des leucocytes qui a été étudié dans ces derniers temps à propos des intoxications, ainsi que nous le verrons en étudiant l'action propre et les produits propres du sang. Quant à la dissémination par le sang des microbes et d'autres parasites, son étude coïncidera avec celle que nous ferons dans la troisième partie de cet article, des caractères du sang dans les maladies infectieuses.

§ 4. *Le sang, agent de transport intérieur*

Le sang, avons-nous dit, ne puise pas seulement dans le milieu extérieur les matériaux qu'il transporte, mais il dissémine aussi dans les différentes parties du corps des produits autochtones, fournis par le corps lui-même. On peut classer ces produits en quatre catégories — division que nous formulons, bien entendu, sans aucune prétention scientifique et simplement pour la facilité de notre examen : certains de ces produits sont des *débris figurés* provenant de la destruction, de la désorganisation des cellules ; tels sont les globules du sang vieillis et en quelque sorte usés, ou des cellules détériorées issues des divers tissus. D'autres sont encore des *produits d'usure*, mais *solubles :* les uns simplement inutiles, déchets de la vie dont l'organisme cherche à se débarrasser, comme l'urée ; les autres, non seulement inutiles, mais nuisibles : ce sont les *toxines*, qui doivent être combattues par des contrepoisons. Enfin, une quatrième classe comprend précisément ces contrepoisons, ces *antitoxines* que l'organisme fabrique pour sa défense.

Les débris de la vie du premier ordre, les cellules vieillies ou mortes et les fragments de ces cellules, sont repris par le sang et détruits par phagocytose, et ce sont avant tout les leucocytes qui sont chargés de ce travail d'élimination. Tous n'y coopèrent pas avec la même activité : nous avons décrit dans la première partie de ce travail plusieurs espèces de leucocytes. Ce sont principalement les gros leucocytes mononucléaires qui accomplissent ici l'œuvre de démolisseurs, ou pour mieux dire, de charretiers des démolitions. On voit souvent dans leurs corps des débris d'hématies, parfois des hématies encore entières, mais mortes, des fragments de cellules diverses, parfois des corpuscules étrangers à l'économie, des grains de poussière,... car ces grosses cellules mangent de tout ! Elles dévorent même les autres leucocytes, petits et grands, pour peu que ceux-ci soient altérés. C'est surtout dans les grands processus de résorption, par exemple à la fin d'une suppuration, qu'on voit leur activité... et leur appétit : attirés par chimiotaxie sur les lieux encombrés de débris organiques, ces gros leucocytes y arrivent en masse pour déblayer la place, et il n'est pas rare d'en rencontrer dans la foule qui atteignent les proportions gigantesques de quinze ou vingt millièmes de millimètre, tous bourrés de détritus sans forme et sans nom. C'est bien alors qu'on peut les comparer à des charrettes de démolition ou de vidange. Leur puissance d'absorption, qui s'exerce souvent sur des parcelles d'un certain volume, leur a valu un nom spécial : les hématologistes les appellent des *macrophages*, par opposition à d'autres leucocytes, polynucléaires ceux-là, dont la spécialité est de manger les microbes et qu'on appelle pour ce motif des *microphages* (1).

(1) Les leucocytes sont assurément les principaux agents de la phagocytose dans le corps de l'animal, mais il ne faudrait pas croire qu'eux seuls en soient capables. La phagocytose s'exerce dans bien d'autres cellules de l'organisme. On peut dire d'ailleurs que la phagocytose est une des fonctions primor-

Encore ici, les leucocytes ne se bornent pas à ingérer des substances étrangères : ils les digèrent par certains ferments intérieurs qu'ils ont le pouvoir d'élaborer. Mais leur travail ne s'arrête pas encore là : chargés de ces matières, les unes déjà solubilisées, les autres à demi digérées seulement et persistant dans leur intérieur sous forme de granulations, les macrophages portent leurs fardeaux à divers organes. Il serait trop long de les suivre dans cette dernière partie de leur œuvre ; disons seulement à titre d'exemple que ces résidus sont parfois portés à des organes chargés de les éliminer. C'est ainsi que les résidus de l'hémoglobine des hématies phagocytées sont en partie portées dans le foie, qui les éliminera sous forme de pigment biliaire. D'autres fois, ces restes d'hématies sont déposés dans les organes hématopoïétiques, où ils serviront sans doute à reformer de nouvelles hématies (1).

A côté des débris encore figurés absorbés par les phagocytes, le sang charrie des résidus solubles, dont l'organisme doit se débarrasser. La liste en est longue, et nous n'en connaissons pas tous les termes ; nous ne connaissons pas non plus tout le détail des transformations que subissent les substances *vivantes* avant d'être réduites en ces résidus inutiles. En somme, il s'agit la plupart du temps d'oxydation et d'hydratation qui simplifient la molécule organique. Ces produits, dissous dans le sang, en sont extraits par divers organes qu'on désigne vulgairement

diales de toute cellule vivante : elle s'accomplit partout où la membrane cellulaire n'y apporte pas obstacle : c'est pourquoi on ne la constate pas dans le règne végétal à cause de la membrane de cellulose trop résistante. Elle est manifeste surtout chez les êtres monocellulaires. Elle joue un rôle essentiel dans la physiologie des embryons au moment où ceux-ci *résorbent* des organes qu'ils ne posséderont plus à l'âge adulte. C'est même en étudiant ces derniers phénomènes dans les larves d'oursins que Metchnikoff a été mis sur la voie de sa théorie de la phagocytose chez les animaux supérieurs adultes (Cf. Roule, *La Phagocytose normale*, REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, juillet 1895 ; Metchnikoff, *L'Immunité*, 1901).

(1) Il est à remarquer que dans l'état normal, la destruction des hématies ne s'opère que dans les organes chargés de les reproduire, particulièrement dans la rate et dans la moelle des os.

sous le nom générique d'*émonctoires*, qui les rejettent dans le milieu extérieur. Tel est le cas de l'urée, extraite du sang par le rein et rejetée par celui-ci avec d'autres produits d'usure dans l'urine. Les glandes sudoripares, le foie sont, avec le rein, les émonctoires les plus importants. Quoique le poumon ne soit pas ordinairement considéré comme un émonctoire, il l'est en réalité, et même au premier chef, puisqu'il élimine un des résidus les plus encombrants du jeu de la vie, l'anhydride carbonique. Le transport par le sang des substances résiduelles aux émonctoires ne paraît pas dirigé par la chimiotaxie, et cela se conçoit sans peine puisque ces matières, au moins pour une bonne partie, ne sont pas incorporées aux éléments figurés du sang. L'action épurante des émonctoires s'exerce donc simplement grâce à l'activité de la circulation, qui fait passer, ainsi que nous l'avons vu, des quantités énormes de sang en peu de temps dans chaque organe. Rappelons ces chiffres déjà cités : en 24 heures, 130 litres de sang subissent l'action du rein, 20 000 litres passent à travers les poumons.

Mais les résidus de la vie ne sont pas tous des produits simplement inutiles et encombrants. Beaucoup d'entre eux sont positivement nuisibles : ils constituent de véritables poisons qu'il ne s'agit pas seulement d'éliminer peu à peu au passage plus ou moins fortuit du sang par les émonctoires, mais qu'il faut combattre, aussitôt formés, par des contrepoisons. L'histoire des *toxines* et des *antitoxines* est étudiée depuis peu d'années, et, malgré les actives recherches dont elle est l'objet dans tous les grands laboratoires de physiologie, elle est bien loin d'être complètement connue (1).

Certaines cellules — peut-être toutes les cellules — par le fait même de leur vie, fabriquent des poisons, qui ont reçu dans la physiologie d'aujourd'hui des noms

(1) Duclaux, *Traité de Microbiologie. II. Diastases. Toxines. Venins.*

variés, aussi variés que les hypothèses nombreuses, parfois contradictoires, que l'on a émises sur leur constitution chimique. On peut les désigner sous le nom commun de *cytotoxines*. Ces poisons restent parfois renfermés dans la cellule et ne s'en échappent que lorsque celle-ci est détruite ou lésée, ou seulement excitée par une cause déterminée. D'autres fois, ces toxines sont excrétées dans la vie normale de la cellule. C'est ainsi qu'un grand nombre de microbes nous empoisonnent par les produits normaux de leur vie qu'ils répandent dans nos humeurs. Mais il n'y a pas que les microbes qui fabriquent ces dangereuses substances : les cellules mêmes de notre corps en sécrètent aussi, et l'on peut dire que l'homme est une véritable usine à poisons, soit que ses cellules rejettent perpétuellement ces toxines dans son sang, soit qu'elles les laissent échapper en vieillissant, en mourant, ou simplement dans certaines circonstances d'excitation.

Le sang dissémine ces poisons dans l'organisme, et notre corps s'empoisonnerait ainsi lui-même, si cette auto-intoxication n'était sans cesse combattue par les antitoxines que fournissent au sang certains organes. Ces organes sauveurs sont divers et chacun a son rôle, rôle parfois multiple d'ailleurs, dans la lutte contre des intoxications elles-mêmes très variées. C'est à Ch. Richet et Héricourt, et surtout à Brown-Séquard, que l'on doit la découverte de l'action protectrice de ces organes. Brown-Séquard avait donné à cette fonction le nom de *sécrétion interne*, pour distinguer la sécrétion des produits utiles déversés directement dans le sang par les organes en question, de la sécrétion des glandes, qui déversent extérieurement leurs produits sur la peau ou sur les épithélia par des canaux excréteurs. Plusieurs de ces organes à sécrétion interne, parmi les premiers étudiés, ne possèdent pas, en effet, de canaux excréteurs : le corps thyroïde, par exemple, le thymus, les capsules surrénales ; et c'était même pour les physiologistes, jusqu'au temps de Brown-

Séquard, une sorte d'appareil paradoxal bien intriguant que ce corps thyroïde à structure glandulaire, à riche vascularisation et qui n'écoulait ses produits, s'il en avait, par aucun conduit ! C'est par une intuition de génie que Brown-Séquard découvrit la fonction de la sécrétion interne ; et, comme il arrive souvent en pareil cas, lui-même ne se rendit pas d'abord un compte exact de l'étendue de sa découverte, bien qu'il la considérât comme appelée à un grand développement. L'avenir lui donna raison. La sécrétion interne, attribuée d'abord à quelques organes, fut bientôt reconnue commune à la plupart des tissus de l'organisme. En outre, on découvrit qu'un même organe pouvait à ce point de vue rendre à l'organisme plusieurs services différents : tel est, par exemple, le corps thyroïde, qui fournit des antitoxines diverses et qui agit encore comme régulateur de la circulation dans l'encéphale. La découverte de Brown-Séquard reçut son application, comme lui-même le prévoyait et l'avait même tenté, dans une méthode nouvelle de la thérapeutique : l'*opothérapie*, méthode qui consiste à injecter dans le sang du malade le suc d'un organe broyé et exprimé pour subvenir à l'insuffisance d'une sécrétion interne chez ce malade.

Un exemple fera bien saisir l'importance des toxines de l'organisme et des antitoxines de sécrétion interne : lorsqu'on enlève complètement les capsules surrénales à un animal, comme l'a montré Brown-Séquard (1), cet animal meurt rapidement avec des symptômes d'empoisonnement. Mais si à cet animal décapsulé on injecte à temps le suc de capsules surrénales enlevées à un autre animal de la même espèce, les symptômes de l'empoisonnement s'amen-

(1) Les conclusions de Brown-Séquard ont été longtemps révoquées en doute, parce que des expérimentateurs avaient souvent vu les animaux survivre à l'ablation des capsules surrénales. Ce n'est que depuis les recherches de Langlois et Abelous que l'on connaît la cause de ces insuccès : il suffit de laisser par mégarde un fragment même très petit des capsules adhérent à l'animal pour que celui-ci puisse survivre à l'opération. Une ablation bien complète est toujours mortelle.

dent et peuvent même disparaître tout le temps que dure l'influence de l'injection, pour reprendre ensuite. Langlois et Abelous (1) reprenant ces expériences ont montré que l'antitoxine des capsules surrénales combattait une toxine produite par l'activité normale des muscles et dont l'action est très analogue à celle du curare. Par des recherches toutes récentes, Loeper et Crouzon (2) viennent de faire voir que les capsules surrénales ont, elles aussi, une autre fonction que la sécrétion de cette antitoxine : elles agissent encore sur les organes hématopoïétiques pour régulariser la production des hématies, et sur le système nerveux pour exciter les vaso-constricteurs.

§ 5. *Les activités propres et les produits propres du sang*

Nous avons étudié jusqu'à présent le rôle physiologique du sang comme agent de transport, soit pour des matériaux empruntés au milieu extérieur, soit pour des produits issus de l'organisme lui-même. Il nous reste à voir le rôle non moins important que le sang remplit par son activité propre et ses propres produits.

Mais avant de nous mettre en marche pour parcourir cette dernière étape de notre exploration physiologique, remarquons — pour ranimer notre courage ! — que le chemin qui nous reste à franchir se trouve à la fois aplani et abrégé grâce à plusieurs notions que nous avons rencontrées précédemment. Nous n'avons pu, en effet, séparer entièrement le rôle passif du sang, considéré comme agent de transport, de son rôle actif et propre : en physiologie tout se tient, parce que toutes les fonctions concourent au même but et s'entr'aident ; les divisions, les classifica-

(1) Langlois, *Sur les fonctions des capsules surrénales*. Thèse pour le doctorat, Fac. Sc., Paris, 1897.

(2) Arch. de Méd. expériment. et d'Anat. pathol., janvier 1904.

tions sont des conceptions subjectives de notre esprit, mais l'œuvre de la nature est une. C'est ainsi que dans chacune des fonctions du sang que nous avons déjà passées en revue, le sang mêle son influence propre à celle des substances qu'il transporte: il agit par son hémoglobine dans les actes de la respiration et de la combustion, il agit surtout par ses leucocytes dans l'œuvre très complexe de la nutrition, assimilations et désassimilations, etc.

« Un des caractères les plus essentiels de la vie, écrit très bien le Dr Grasset (1), est certainement la *fixité* du type et l'*effort* immédiat et continu que fait l'être vivant vers la reconstitution de ce type, toutes les fois qu'une circonstance quelconque en a troublé l'équilibre normal. — L'*espèce* actuelle présente déjà ce caractère. Elle se perpétue par la génération dans son type identique à lui-même et, si on cherche à la dévier, elle reconquiert son type premier. — L'*individu* présente cette fixité bien plus nettement encore. La vie de l'individu est tellement caractérisée par ce retour automatique à l'équilibre physiologique que la *maladie* est uniquement la lutte de l'individu vivant contre l'agent pathogène pour recouvrer son état normal. » — La *mort* n'est que la cessation de l'équilibre, la cessation de l'identité du type par l'émancipation de ses divers éléments.

Cette grande loi dirige toute la physiologie du sang, et c'est d'ailleurs précisément à ce sujet que le savant pathologiste de Montpellier l'énonce dans les termes que nous venons de citer. Depuis les conquêtes récentes de l'hématologie, « l'équilibre du sang » est une de ces locutions courantes qui témoignent d'un fait universellement reconnu. Nous avons déjà fait allusion à cette loi, nous l'avons implicitement invoquée en signalant l'influence que le sang exerce pour le maintien de l'unité dans l'orga-

(1) Grasset, *Physiopathologie générale. L'équilibre osmotique de l'organisme* (Revue scientifique, 26 mars 1904).

nisme. Mais nous allons la retrouver dans toute son évidence en étudiant l'activité propre du sang.

Cette activité s'exerce par deux sortes de facteurs : des propriétés d'ordre physique et des propriétés d'ordre chimique.

De toutes les propriétés physiques du sang, la plus remarquable par son invariabilité, et en même temps par son influence prépondérante sur la nutrition des tissus, c'est sa *concentration moléculaire*.

Les physiciens appellent *concentration moléculaire* d'une solution, le nombre plus ou moins grand de molécules du corps dissous que contient le liquide dans l'unité de volume. Deux solutions sont dites équimoléculaires ou encore *isotoniques* si, dans le même volume, elles contiennent le même nombre de molécules.

L'osmose à travers les membranes cellulaires n'a lieu qu'entre deux liquides qui ne soient pas isotoniques ; le plus concentré est dit alors *hypertonique* par rapport à l'autre, qui est *hypotonique* (1).

Or, tous les échanges qui ont pour résultat, dans un organisme tel que notre corps, l'assimilation ou la désassimilation, se font par osmose : d'une part entre le sang des vaisseaux et le plasma interstitiel, d'autre part entre celui-ci et le contenu des cellules. La concentration moléculaire relative de ces liquides intervient donc au premier chef pour provoquer et régulariser ces échanges : le sang devient-il hypertonique par rapport au plasma interstitiel, les tissus cèdent leur excès d'eau au sang ; devient-il hypotonique, il y a appel d'eau du sang vers les tissus.

Il suffit des plus faibles différences de concentration pour provoquer ces échanges. Aussi le plasma sanguin possède-t-il une concentration presqu'invariable. Il n'existe pas, dans toutes les constantes physiologiques, d'équilibre

(1) La membrane cellulaire agit comme la paroi semiperméable du vase poreux de Pfeffer : elle laisse passer l'eau de la solution hypotonique à la solution hypertonique, mais retient les sels.

plus stable, plus parfait que celui-là. Une irrégularité, même légère pour peu qu'elle soit constante, de la concentration moléculaire du sang est toujours pathologique.

On peut apprécier par une expérience très simple *in vitro* la sensibilité des cellules à ce facteur de l'osmose : lorsqu'on recueille et qu'on examine une goutte de sang dans une goutte d'eau pure, cette eau, évidemment, est un milieu hypotonique par rapport au liquide plasmatique contenu dans les hématies : l'endosmose se fait avec rapidité, les hématies se gonflent et finissent par éclater et livrer leur contenu à la dissolution. Au contraire, reçoit-on le sang dans une goutte d'eau fortement salée, c'est le contenu des hématies qui se montre hypotonique, il y a exosmose et les hématies se ratatinent. On ne peut conserver leur forme et leur volume normal aux hématies que dans une solution aqueuse isotonique à leur contenu (1).

Théoriquement, une solution de chlorure de sodium dans l'eau distillée à 1/100 — exactement à 0,93/100 — serait isotonique au sérum du sang normal.

Le plasma sanguin contient beaucoup de substances en solution, mais le corps qui influe le plus sur sa concentration moléculaire et, par conséquent, sur ses propriétés osmotiques est le chlorure de sodium : il est, en effet, de très loin beaucoup plus abondant qu'aucun des autres sels minéraux et, quant aux composés organiques, leur somme totale n'intervient que pour 1 ou 2 centièmes dans la concentration moléculaire. Le chlorure de sodium est donc par excellence le *sel régulateur* des échanges osmotiques de l'organisme. Il n'y a pas de sel minéral plus

(1) On a proposé plusieurs solutions, dites sérums artificiels, pour l'examen microscopique du sang sans déformation des éléments figurés. Voici celle de Hayem, qu'on emploie pour le sang normal :

Eau distillée	200 gr.
Chlorure de sodium	1 gr.
Sulfate de sodium	5 gr.
Sublimé corrosif	0,50 gr.

important que lui en physiologie. Aussi la teneur du sang en chlorure de sodium est-elle d'une fixité presqu'absolue.

La proportion de chlorure de sodium dans le sang est elle-même régularisée par le bon fonctionnement des émonctoires : la fonction rénale a pour effet de diminuer la concentration du sang : l'urine, en effet, est plus salée que le sang. Le poumon, au contraire, les glandes sudoripares, tendent à augmenter la teneur du sang en sel, parce que ces organes éliminent proportionnellement plus d'eau que de sel.

L'influence de la fonction rénale sur la concentration moléculaire du sang est une des causes qui rendent si redoutables les altérations du rein. Une imperméabilité totale ou partielle du rein, en effet, correspond à une rétention de chlorure de sodium dans l'organisme, et par suite à un trouble profond des conditions d'osmose physiologique.

Beaucoup de pathologistes, depuis les progrès récents de l'hématologie, attribuent la production des œdèmes à une exagération de la proportion normale du chlorure de sodium dans le sang ou dans le plasma interstitiel : en vertu des lois de l'osmose, un excès de sel appellerait et retiendrait un excès d'eau (1). Cette théorie rendrait compte de la fréquence des œdèmes dans certaines néphrites. Et l'expérience confirmerait l'observation : la production artificielle d'œdèmes à la suite d'injections salées a souvent été réalisée chez des albuminuriques. Ces études ont eu leur retentissement naturel dans le domaine de la thérapeutique : elles ont posé les bases de la *cure de déchloruration* appliquée à certains cas de la maladie de Bright (2).

(1) En réalité le phénomène serait très complexe, et aucune des théories proposées ne suffit à expliquer tous les détails, mais il est probable que le principe général que nous énonçons et qui sert de base à toutes est vrai.

(2) Widal et Javal, *La Cure de déchloruration* (PRESSE MÉDICALE, 27 juin, 1903).

Il y aurait souvent intérêt pour le clinicien à connaître d'une façon précise la concentration moléculaire du sang, puisque ses variations notables sont toujours pathologiques. Nous dirons quelques mots des procédés employés pour cette détermination et de la valeur de ce diagnostic dans la troisième partie de cet article.

Mais avant de quitter ici ce sujet, nous mentionnerons une curieuse application des principes que nous avons exposés, à la médecine légale : il s'agit du diagnostic de la mort par submersion. Un homme qui se noye fait des mouvements réflexes d'inspiration violents et précipités qui remplissent d'eau ses poumons et qui hâtent sa perte. Cette eau passe par osmose dans le sang des capillaires des vésicules pulmonaires. Il en résulte que le sang des veines pulmonaires et du cœur gauche où débouchent celles-ci possède une concentration moléculaire inférieure à celle du sang des veines caves et du cœur droit, qui n'ont pas subi l'action de l'eau. Si la mort s'est produite dans l'eau de mer, l'effet est inverse, parce que l'eau de mer est hypertonique par rapport au sang : l'osmose qui se fait dans la paroi des vésicules a donc ici pour effet d'augmenter la concentration du sang, et le sang du cœur gauche devient lui-même hypertonique relativement au sang du cœur droit. — Si le cadavre a été plongé dans l'eau après la mort, les deux sangs ont la même concentration moléculaire (1).

A côté des phénomènes dus à la concentration moléculaire et à l'osmose, l'activité propre du sang présente bien d'autres phénomènes physiques, dus à sa densité, à la tension qu'il exerce sur les vaisseaux et les organes, à ses propriétés d'ordre thermique, etc. Tout intéressants que soient ces phénomènes, les limites de cet article nous obligent à les laisser de côté. Nous reprendrons seulement

(1) Carrara, cité par Bezançon et Labbé, *Traité d'hématologie*, 1904, p. 757.

pour en compléter l'observation, le phénomène physique, ou plutôt à la fois mécanique, physique et chimique de la phagocytose, que nous avons déjà rencontré à propos des modes de transport des matières par le sang.

Nous avons vu les gros leucocytes mononucléaires, les macrophages, exercer la phagocytose pour le transport et la transformation des matériaux alimentaires et aussi des débris divers produits par l'usure des tissus. Rappelons que d'autres leucocytes, les polynucléaires absorbent de même et digèrent les microbes, d'où leur nom de *microphages*. C'est une lutte que les physiologistes aiment à dépeindre que cette lutte des leucocytes contre l'infection microbienne : par une lésion quelconque de la peau ou de l'épithélium intestinal quelques microbes se sont introduits ; la place leur est douce, il y fait chaud, les aliments n'y manquent point, les microbes s'y multiplient... Mais bientôt leurs produits toxiques les trahissent. Excités et guidés par la chimiotaxie, les leucocytes se rendent sur le lieu de l'invasion, les uns portés par le fleuve de la circulation sanguine, les autres se faufilant par diapédèse. Cependant l'émoi n'est pas général : les gros mononucléaires, les macrophages, ne se dérangent pas, laissant aux polynucléaires, aux microphages, les premières escarmouches... Quant aux petits monucléaires, les lymphocytes, ils... ils regardent, attendant sans doute que l'âge et la taille leur viennent d'être soldats ! Les polynucléaires, donc, arrivent en rangs pressés et dévorent les microbes. Si ceux-ci ne sont pas trop nombreux, la victoire des microphages est certaine et rapide ; mais si les microbes sont en nombre, la lutte devient rude. Les microphages ont beau dévorer, ont beau se remplir de microbes qu'ils ne digèrent plus qu'avec peine, les microbes se défendent en faisant des petits, et l'on sait avec quelle rapidité ! Dans des circonstances favorables, un seul microbe, par sa division et par la division successive de

ses descendants, peut en trois jours procréer 4772×10^9 de microbes (4772 milliards) !

Évidemment, en terrain ennemi, les choses ne vont pas aussi facilement. C'est qu'il faut compter non seulement avec les hécatombes de la phagocytose, mais avec les intoxications : les leucocytes, en effet, contiennent des toxines qui tuent ou qui immobilisent, qui stupéfient, qui débilitent les microbes. D'autre part, les microbes aussi, beaucoup d'espèces du moins, fabriquent des poisons qui attaquent les défenseurs. Mais la grande question reste toujours la question du nombre : aussi la chimiotaxie, tout en faisant appel aux microphages, s'étend bientôt jusqu'aux organes hématopoïétiques ; ceux-ci s'inquiètent à leur tour et, sous cette excitation, engendrent de nouveaux leucocytes (1). Les légions de leucocytes se pressent, s'accumulent, et c'est leur masse énorme qui forme le pus sur le théâtre de la guerre : la suppuration indique toujours une lutte intense. Il peut arriver que la multiplication et le travail acharné des leucocytes tiennent longtemps en respect le peuple croissant des microbes, mais cette suppuration même ne va pas sans affaiblir l'organisme, qui y épuisera peu à peu toutes ses forces vitales. Il peut arriver aussi que la multiplication des microbes l'emporte sur le travail destructeur des phagocytes, que ceux-ci, débilités d'ailleurs par les toxines microbiennes, cèdent devant l'invasion, et qu'enfin les nuées de microbes envahissent tout l'organisme ou encombrent à tel point l'un ou l'autre organe essentiel que l'organisme succombe. Mais heureusement il arrive, et c'est le cas le plus fréquent, il arrive que ce soient les microphages qui l'emportent et finissent par détruire les derniers assaillants. Dans l'entretemps les macrophages se sont éveillés : le lieu de l'infection est encombré de morts et de mourants. Les macro-

(1) De là, la fréquence des adénites dans les infections : les ganglions lymphatiques sont des fabriques de leucocytes.

phages vont nettoyer la place : ils dévorent à leur tour microphages tués ou blessés, cellules atrophiées, débris de toute sorte, et, s'il reste quelques microbes, les macrophages ne se font pas faute de les manger par dessus le marché. La suppuration a cessé ; s'il y a des lésions à réparer, le sang reprend son rôle d'agent de transport pour les éléments nutritifs et tout rentre dans l'ordre.

Les actions chimiques que l'on peut attribuer à l'activité propre du sang sont toutes des *réactions*, au vieux sens physiologique du terme : ce sont des réponses à des excitations venues du dehors ou du dedans. Et ces excitations sont précisément des causes qui troubleraient l'équilibre physiologique si le sang n'y pourvoyait. De sorte que, dans les activités chimiques du sang, aussi bien que dans ses propriétés physiques, se révèle toujours la grande loi du maintien de l'équilibre, du retour à l'état typique normal. Lorsqu'un produit anormal, nuisible par sa toxicité se rencontre dans un point de l'organisme, nous avons vu que d'autres parties de l'organisme élaborent et déversent dans le sang des antitoxines. Le sang lui-même, tout en transportant ces antitoxines, se met en travail et fabrique aussi des produits défensifs qui s'opposeront aux produits nuisibles.

Le premier phénomène d'ordre chimique qui ait attiré l'attention des hématologistes est celui de la *coagulation*, que nous avons déjà sommairement décrit mais sur lequel il convient de revenir maintenant pour en compléter la notion.

A l'état vivant et normal, le sang ne se coagule jamais. Il faut pour produire ce phénomène que les leucocytes soient tués ou lésés, et qu'ils laissent ainsi échapper de leur corps une substance que Duclaux considère comme un ferment et qu'il a nommée *plasmase*. Cette plasmase a la propriété de coaguler une matière albuminoïde dissoute dans le plasma vivant, la *substance fibrinogène*, incapable de se coaguler par elle-même. C'est l'union de la plasmase

et de la substance fibrinogène et leur réaction mutuelle qui engendrent la *fibrine* du *caillot*. Celui-ci n'est autre chose que la masse solidifiée de fibrinogène, c'est-à-dire la fibrine, entraînant dans sa coagulation et enrobant dans son intérieur l'immense majorité des globules. Le liquide qui persiste en dehors du caillot constitue le *sérum*, dans lequel nagent encore pendant quelque temps quelques rares hématies qui finissent par se déposer. Les leucocytes qui n'ont pas été entraînés dans le caillot sont collés aux parois du vase, et c'est même cette adhérence qui a provoqué leur lésion et l'échappement de la plasmase : quand on recueille du sang dans un vase à parois lubrifiées par la vaseline, comme l'a fait Freund et après lui Gengou, la coagulation est longtemps retardée.

La coagulation cependant ne se produit pas exclusivement *in vitro*, dans le sang extrait des organes : elle constitue régulièrement un processus de défense, une véritable réaction que le sang oppose à certains troubles de l'organisme : dans diverses circonstances accidentelles, les leucocytes peuvent laisser échapper leur plasmase dans un but réparateur. C'est le cas de tous les traumatismes : la coagulation du sang à la surface d'une plaie est une protection naturelle qu'apporte le sang contre des accidents ultérieurs ; le caillot forme un bouchon qui arrête l'hémorragie, en même temps qu'il s'étend comme une couverture d'attente pour empêcher l'invasion des microbes ou des autres agents dangereux de l'extérieur.

Parfois, il est vrai, des lésions internes, des ruptures de vaisseaux provoquent aussi des coagulations qui peuvent avoir de funestes conséquences : si quelque portion du caillot vient à se détacher et à être entraînée dans le torrent circulatoire, elle peut obturer un vaisseau important, ou même venir s'engager malheureusement dans les valvules du cœur dont il arrête le jeu : ce sont les redoutables accidents parfois lents, parfois subits des embolies.

Il ressort de l'analyse que nous venons de faire de la

coagulation du sang qu'il est impossible au biologiste, du moins jusqu'aujourd'hui, d'obtenir dans les récipients de son laboratoire du *véritable sang*, du sang normal, semblable à celui qui coule dans nos vaisseaux. Et c'est là, il faut le dire, un sujet de grand tracas pour l'expérimentateur et pour le théoricien ! Il en est réduit, en effet, dans ses expériences *in vitro*, à étudier les propriétés chimiques les plus importantes du sang — celles dont il nous reste à parler — dans du simple sérum. Or, le sérum n'est pas le sang, ce n'est pas même le plasma du sang. Il diffère du plasma en ce qu'il ne contient plus de fibrinogène ; il en diffère sans doute bien davantage encore parce qu'il contient des substances que le plasma normal, vivant peut ne pas contenir : il est probable, en effet, *à priori*, et l'expérience a effectivement démontré que la plasmase n'est pas la seule matière que les leucocytes mettent en liberté en se déchirant. Suivant l'expression très juste de M. Labbé, le sérum est un véritable « soluté de leucocytes ». On conçoit quelles difficultés rencontre et quelles réserves doit s'imposer, dans ces conditions, l'hématologiste qui veut interpréter les réactions chimiques du sang vivant ! Les bibliothèques de nos laboratoires sont encombrées des théories, des réfutations, des doutes, des discussions et, il faut bien l'avouer, des disputes aussi, causés par ce grand *desideratum* de tenir dans un verre à précipité quelques centimètres cubes de sang normal !...

Les réactions physiologiques que le sang oppose par ses propriétés chimiques aux accidents qui troubleraient son équilibre sont donc restées assez mystérieuses. Et comme en toute question obscure et controversée, l'incertitude des idées se traduit ici par un double signe qui réagit sur ces idées mêmes pour les rendre plus incertaines encore : d'une part la multiplicité et le manque de précision des termes employés, d'autre part l'indétermination, la confusion, par empiètement, des points à élucider. On

parle indistinctement des propriétés bactéricides du sang, de ses propriétés toxiques, cytotoxiques, lytiques, antitoxiques, antiinfectieuses, de l'état réfractaire, de l'immunité et de l'immunisation de la vaccination... On a forgé hâtivement les mots les plus étranges, depuis le terme vague et insignifiant d'*anticorps* jusqu'au terme phraséologique de *nucléasimmunprotéïdine*.

Sans entrer dans les détails des théories, et en éliminant les discussions accessoires, nous nous bornerons pour exposer ces questions à employer la précieuse et simple recette « pour voir clair » que le Maître du Portique donnait autrefois à ses disciples : bien diviser et bien définir.

Le sang jouit de la propriété de l'*immunité vis-à-vis de certains microbes* pathogènes, c'est-à-dire que ces microbes ne peuvent se développer dans ce sang *vivant* ou dans les tissus qui en tirent leur vie.

Il jouit aussi de l'*immunité vis-à-vis de certains poisons*, soit certaines toxines microbiennes, soit certains venins de serpents ou d'autres animaux ; soit certains alcaloïdes végétaux, soit même certains poisons inorganiques, c'est-à-dire que le sang et les tissus qu'il anime résistent à ces causes d'intoxication.

Ces deux immunités, le sang peut dans certains cas les communiquer à des organismes étrangers auxquels on l'injecte : il n'est plus alors seulement *immun*, mais *immunisant*.

Immunité et pouvoir immunisant vis-à-vis des microbes, immunité et pouvoir immunisant contre les toxines, voilà quatre propriétés essentiellement distinctes.

Ajoutons que le sang possède un *pouvoir cytotoxique* ou, pour employer un terme plus exact, *cytolytique* (1), vis-à-vis de certaines cellules, c'est-à-dire qu'il est capable de tuer et de détruire ces cellules. Le *pouvoir bactéricide* qu'il possède vis-à-vis de certains microbes n'est qu'un cas

(1) λύειν = dissoudre.

particulier de son pouvoir cytotoxique — le cas où il tue la cellule microbienne.

Ce tableau des propriétés du sang au point de vue chimique signale les points principaux de nos connaissances actuelles, mais il est en réalité fort incomplet : nous avons laissé de côté quelques propriétés moins importantes ; de plus, il est sans doute bien d'autres propriétés, les unes que l'on entrevoit déjà, les autres que les innombrables recherches faites dans les laboratoires d'hématologie ne peuvent manquer de dévoiler peu à peu.

Chacune de ces propriétés varie d'une espèce animale, et même d'une race animale à une autre : le chien, par exemple, jouit de l'immunité vis-à-vis du charbon, qui est mortel pour l'homme ; l'homme est immun de la péripneumonie des bovidés ; l'homme seul est tributaire de la redoutable syphilis ; le hérisson jouit d'une immunité complète contre le venin des serpents, etc.

I. IMMUNITÉ CONTRE LES MICROBES. — La définition que nous avons donnée de cette immunité doit être prise à la lettre. On avait cru d'abord que le pouvoir d'immunité s'identifiait avec le pouvoir bactéricide du sang ou du moins du sérum. Mais des recherches plus exactes ont montré que c'était une erreur : c'est ainsi que le sang de chien *in vitro* n'est pas toujours bactéricide pour le bacille charbonneux, quoique cet animal soit réfractaire au charbon ; et, par contre, le sérum du lapin, qui est cependant très sensible au charbon, est bactéricide *in vitro* pour ce microbe. Mais il faut bien se rappeler à ce sujet que les phénomènes qu'on observe *in vitro* ne correspondent pas nécessairement aux phénomènes qui se passent *in vivo* : en réalité, dans le cas du chien, par exemple, les bacilles charbonneux sont réellement détruits par phagocytose dans l'animal (1).

(1) Metchnikoff, *L'Immunité dans les maladies infectieuses*, p. 159.

L'immunité vis-à-vis d'un microbe ne varie pas seulement d'une espèce ou d'une race animale à une autre, elle varie quelquefois chez un même animal suivant les circonstances. Les chiens tout jeunes, par exemple, en certains cas, peuvent contracter la maladie du charbon ; les chiens enragés le prennent plus facilement encore. Tout le monde connaît la célèbre expérience de la *poule refroidie* de Pasteur : la poule normalement ne subit pas l'infection charbonneuse, mais Pasteur a constaté que si l'on abaisse la température d'une poule en lui maintenant les pattes dans l'eau froide, elle contracte la maladie et en meurt tout comme un mammifère.

A côté de l'immunité naturelle que certains animaux manifestent contre certaines invasions microbiennes, il existe une *immunité acquise ;* un animal qui, par nature, ne se trouve pas *immun* des attaques de tel microbe, peut devenir *immunisé* contre lui, et cela de diverses façons : une première invasion bénigne de ce microbe qui disparaît ensuite, des injections artificielles de cultures, de toxines, de certains sérums, peuvent produire cette immunisation, mais avant de l'étudier il nous est nécessaire de connaître l'immunité contre les toxines.

II. IMMUNITÉ CONTRE LES TOXINES. — C'est un fait qui domine toute l'histoire de l'immunité que la distinction essentielle entre l'immunité contre les microbes et l'immunité contre leurs toxines. Un animal réfractaire à l'invasion par tel microbe peut être très sensible aux toxines produites par ce même microbe : c'est par exemple le cas pour la grenouille, chez qui le vibrion du choléra ne se développe pas et pour qui l'injection d'une petite quantité de toxine cholérique est mortelle. Les travaux de von Behring sur la tuberculose ont fourni une preuve plus évidente encore de cette distinction des deux immunités : le mouton est excessivement sensible à la toxine du bacille tuberculeux et résiste assez bien à l'invasion de

ce microbe, tandis que le cobaye, l'animal tuberculisable par excellence, est très résistant aux injections de tuberculine.

Comme l'immunité contre les microbes, l'immunité contre les toxines varie avec les espèces et même avec les races animales ; comme la première, la seconde peut être un apanage naturel de l'animal ou être acquise par une maladie ou par des procédés artificiels d'injection.

Il faut rapprocher de l'immunité contre les toxines l'immunité contre les venins. Nous avons exposé il y a quelques années dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1) les analogies que l'on commençait alors à découvrir entre les poisons microbiens et les poisons des animaux venimeux. Depuis lors, ces analogies se sont multipliées et resserrées, et parmi elles nous rencontrons ce fait que certains animaux sont insensibles aux piqûres venimeuses. Le hérisson, par exemple, supporte sans inconvénient la piqûre des serpents les plus redoutables.

III. IMMUNISATION CONTRE LES MICROBES ET IMMUNISATION CONTRE LES TOXINES. — Quoique ces deux genres d'immunisation soient bien distincts, ils sont trop intimement liés pour ne pas les étudier séparément.

On les avait même confondus au début, comme on avait confondu les deux immunités, et certains faits, que le hasard avait fait découvrir avant d'autres, avaient d'abord semblé confirmer cette idée erronée. Ainsi, Phisalix et Bertrand avaient constaté en 1895 que le sang de hérisson, injecté avec des précautions convenables dans le sang d'un cobaye, immunisait ce dernier contre les venins des serpents : le sang du hérisson était à la fois immun et immunisant. Quelques années auparavant, en 1888, Richet et Héricourt dans une expérience célèbre,

(1) *Morsures et Piqûres venimeuses*, conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le 24 octobre 1895 (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1896).

avaient découvert que le sérum de chien, animal qui est réfractaire au *Staphylococcus pyosepticus*, injecté au lapin, préservait celui-ci de l'invasion de ce microbe. C'était la première tentative de *sérothérapie* et elle avait été heureuse ; aussi donna-t-elle, au premier abord, les plus grandes espérances : partout, on se mit à essayer des injections de sérums d'animaux immuns comme moyen préventif contre les infections microbiennes, mais les résultats ne furent pas encourageants. Il fut bientôt acquis que le cas du chien pour la staphylococcie était un cas particulier et que cette première découverte de Richet et Héricourt ne pouvait être généralisée. Il n'y a peut-être pas de science où la généralisation impose plus de prudence et de réserve que la bactériologie. On se heurtait aux faits les plus contradictoires : si, dans certains cas, l'injection de sérum d'un animal réfractaire rendait réfractaire un autre animal, bien plus souvent l'immunité n'était nullement conférée. Par contre, chose étrange, le sérum d'un animal non réfractaire à telle maladie, immunisait quelquefois un autre animal contre la même maladie ; par exemple, le sérum humain immunise plus ou moins l'homme contre le choléra. On n'y comprenait rien ; et, il faut bien l'avouer, plusieurs de ces problèmes et d'autres analogues ne sont pas encore aujourd'hui complètement élucidés. Le seul point que ces premières recherches semblaient établir nettement par leurs insuccès était la distinction nette entre les deux immunités, contre les microbes et contre les toxines.

Les premières expériences de Richet et Héricourt avaient été faites avec le sérum d'un animal doué d'*immunité naturelle*. On se convainquit bientôt que cette immunité était rarement communicable. Les expériences des mêmes auteurs qui tendirent à communiquer une *immunité acquise* furent plus importantes.

L'immunité acquise, soit contre les toxines, soit surtout

contre les microbes eux-mêmes, était connue depuis longtemps.

On savait, par exemple, que certaines maladies infectieuses ne récidivent jamais : la variole, la coqueluche, la scarlatine, la fièvre typhoïde, etc. D'autres, comme la rougeole, la peste, le choléra, le charbon, ne peuvent récidiver qu'après un laps de temps plus ou moins considérable. Et il suffit, pour que cette immunité temporaire ou durable s'établisse, d'une atteinte parfois très légère de la maladie.

Le hasard, mais le hasard saisi, fixé et analysé par le génie de Pasteur, ouvrit la voie à toute une série de découvertes sur l'immunisation artificielle contre les maladies infectieuses.

En 1879, Pasteur étudiait le choléra des poules. Il avait réussi à en cultiver le microbe dans du bouillon de poule. Ces cultures, qu'il *repiquait* de 24 en 24 heures, inoculées à des poules, les tuaient invariablement. Or, ayant interrompu ses études pour prendre quelques semaines de repos, Pasteur, de retour à son laboratoire, reprit ses expériences avec des cultures vieillies qui n'avaient pas été repiquées pendant son absence. Plusieurs de ces cultures étaient mortes, d'autres, réensemencées dans du bouillon, se reproduisaient, mais toutes — cultures vieillies ou cultures nouvelles issues de ces cultures vieillies — toutes échouaient à donner aux poules l'infection mortelle : les poules inoculées en devenaient seulement plus ou moins malades, puis guérissaient. On était au moment de tout jeter, pour recommencer tout avec de nouveaux matériaux, rapporte un témoin de ces fameuses expériences (1), lorsque Pasteur eut l'idée d'inoculer des cultures jeunes et neuves à des poules qui avaient résisté aux cultures vieillies. A la surprise de tous, peut-être même à celle de Pasteur qui ne s'attendait pas à une

(1) Duclaux, *Pasteur, Histoire d'un esprit*, VIII, III.

réussite aussi grande, ces poules résistèrent presque toutes. La vaccination était trouvée !

A la suite de cette découverte d'une immunisation artificielle, Pasteur, avec ses élèves Chamberland et Roux, en fit presqu'aussitôt une seconde : il parvint à immuniser contre le charbon bactéridien par inoculation de cultures atténuées de la bactéridie.

Dans ces immunisations, Pasteur inoculait toujours des cultures, c'est-à-dire des microbes. Salmon et Smith trouvèrent l'immunisation contre le Hog-choléra en injectant simplement les produits des cultures privées de leurs microbes, c'est-à-dire les toxines. Frœnkel immunisa de même contre la diphtérie en se servant de toxine diphtérique atténuée par la chaleur ; von Behring et Kitasato obtinrent le même résultat en atténuant la toxine par un mélange avec du trichlorure d'iode. Plus tard, Phisalix et Bertrand obtinrent une substance immunisante contre les venins en chauffant du venin à 80°, et Calmette en le mélangeant avec de l'hypochlorite de chaux.

Mais après la découverte initiale de Pasteur, pour le choléra des poules, les découvertes les plus mémorables dans cet ordre de recherches furent celles de Richet et Héricourt en 1888, que nous avons déjà signalées, et celle de von Behring et Kitasato en 1890.

Richet et Héricourt, reprenant leurs expériences sur le chien et le lapin par rapport au staphylocoque, observèrent qu'un chien auquel on inoculait à plusieurs reprises du staphylocoque donnait un sérum immunisant beaucoup plus puissant qu'un chien neuf ne jouissant que de l'immunité naturelle : l'immunité acquise était donc plus communicable que l'immunité naturelle.

De leur côté, von Behring et Kitasato ayant immunisé des animaux contre la diphtérie et aussi contre le tétanos *avec des toxines* atténuées de ces microbes constatèrent que le sérum de ces animaux était lui-même devenu immunisant pour d'autres animaux : et cette immunisation

préservait aussi bien contre les toxines que contre les microbes.

La découverte de Richet et Héricourt et celle de von Behring et Kitasato posèrent ainsi les fondements de la sérothérapie.

IV. PROPRIÉTÉS CYTOTOXIQUES. — Ce sont les dernières propriétés chimiques du sang dont nous ayons à nous occuper. Elles consistent, ainsi que nous l'avons dit, en ce que le sang d'un animal est capable de tuer et de détruire certaines catégories de cellules. Régulièrement, ce pouvoir se manifeste vis-à-vis de cellules *anormales*, par exemple vis-à-vis de cellules étrangères accidentellement introduites dans l'organisme.

C'est encore là une de ces propriétés qui confirment la grande loi que nous avons mise en tête de toute la physiologie du sang : la tendance au rétablissement de l'ordre, de l'équilibre, du type normal.

On constate cette propriété soit *in vitro*, soit *in vivo*. Si par exemple dans du sérum de chien on introduit des hématies de poules, on voit aussitôt ces globules s'altérer et finalement se dissoudre ; injectés dans le chien vivant, ces globules ont le même sort. On peut désigner sous le nom de *cytolyse* (dissolution de cellules) ce phénomène général, et sous le nom particulier d'*hémolyse*, le cas particulier de la dissolution des hématies. On a constaté de même des faits de *leucolyse* ou dissolution de leucocytes ; de *spermolyse*, ou dissolution de spermatozoïdes ; etc.

Comme les autres propriétés du sang, celle-ci est très variable avec les espèces animales : ainsi le sang de poule est très hémolytique pour le lapin, le sang de lapin hémolyse peu celui de la poule, etc. Aucune règle connue ne relie encore ces variations, mais on a pu constater du moins ce fait, que le sang d'un animal n'hémolyse pas normalement le sang d'un autre animal de la même espèce.

On savait, du reste, depuis longtemps que la transfusion du sang, qui peut, avec certaines précautions, se pratiquer entre animaux de même espèce et qui constitue même une pratique de thérapeutique humaine, provoque parfois de graves accidents si l'on emploie du sang d'espèce étrangère : dissolution de l'hémoglobine, coagulation, embolies, etc.

Il est naturel que les phénomènes cytotoxiques aient été étudiés surtout dans l'hémolyse, car les hématies sont les éléments figurés libres les plus abondants et aussi les plus faciles à manipuler dans ces expériences. C'est en étudiant l'hémolyse que Bordet, en 1898, a mis en lumière une loi fondamentale qui relie les propriétés cytotoxiques du sang aux propriétés d'immunité et d'immunisation précédemment étudiées : Bordet, ayant injecté du sang d'oie à un cobaye, observa que le sang de ce cobaye acquérait de ce fait un pouvoir hémolytique extraordinaire sur les globules d'oie qu'on lui soumettait ensuite. Ce fait est très général : le sang d'un animal *traité*, comme on dit maintenant, c'est-à-dire injecté avec du sang d'une autre espèce animale, devient extrêmement hémolytique pour cette seconde espèce. Il est superflu d'insister sur l'analogie de ce fait avec les faits d'inoculation de microbes ou de toxines conférant au sang des propriétés défensives contre ces microbes ou ces toxines.

Se basant sur la découverte de Bordet, Erlich parvint à communiquer au sang d'un animal un pouvoir hémolytique pour le sang d'un animal de même espèce : en injectant les hématies d'une chèvre à une autre chèvre, il rendit le sérum de celui-ci hémolysant pour le sang des chèvres. Erlich avait produit ainsi un pouvoir *isohémotoxique*.

Mais bien plus remarquable fut l'expérience de Metchnikoff, qui parvint à communiquer au sang d'un animal le pouvoir *autohémotoxique* en lui injectant ses propres hématies mais *altérées :* le sérum de cet animal devenait alors hémolysant pour ses propres globules. L'injection à

un animal de ses hématies non altérées ne produisait pas ce résultat. Metchnikoff a déduit de ces curieuses expériences une conclusion d'un haut intérêt physiologique : le corps d'un animal renferme toujours des cellules altérées par usure, par vieillesse ou par accident. Ces cellules agissent comme les hématies altérées introduites artificiellement par Metchnikoff : elles sont devenues des cellules anormales, de véritables corps étrangers, et elles provoquent dans le sang l'apparition de propriétés qui auront pour résultat de les détruire. Nous avons dit du reste qu'à côté des propriétés hémolytiques, le sang pouvait présenter des propriétés cytolytiques pour diverses catégories de cellules. Comme on le voit, les expériences de Metchnikoff ont apporté une nouvelle contribution à l'étude des phénomènes de la résorption, si fréquents en physiologie. Rappelons que nous avions déjà rencontré cette classe de phénomènes à propos de la phagocytose par les macrophages : nous verrons tout à l'heure les liens que Metchnikoff veut établir entre les macrophages et la cytolyse.

Il faut probablement attribuer en grande partie aux propriétés cytolytiques du sang le fait fréquent de la toxicité par injection du sang d'une espèce animale pour une autre espèce. Toutefois il est certain que cette cause n'est pas unique ; il faut probablement faire intervenir le pouvoir coagulant et plusieurs autres propriétés que nous avons intentionnellement passées sous silence, ainsi que d'autres qui ne sont encore que soupçonnées (1).

Parmi les nombreuses propriétés chimiques du sang que l'on connaît encore, il convient de citer pour mémoire en terminant cette revue, le *pouvoir agglutinatif :* le sérum

(1) Le sang des animaux venimeux est très toxique : il contient le même poison qui agit dans le venin même (*Morsures et Piqûres venimeuses*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1896). — Le sérum de l'anguille est un des toxiques par injection les plus violents : un ou deux dixièmes de centimètre cube suffisent pour tuer un kilogr. de lapin.

de plusieurs animaux provoque la réunion en amas serrés de certains corpuscules que l'on y introduit *in vitro*, microbes, hématies, etc. Cette propriété se manifeste, pour certains cas, dans le sang vivant lui-même. Particularité importante, elle s'exalte dans certains cas accidentels de maladie ou d'injections, tout comme les pouvoirs bactéricides, immunisants, cytotoxiques, etc.

V. INTERPRÉTATION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU SANG. — Nous touchons ici à une question fort débattue entre les diverses écoles d'hématologie, fort délicate par conséquent. Aussi ne ferons-nous qu'y toucher... Il est sans doute regrettable que ces débats en matière purement scientifique aient pris parfois un caractère plus ou moins acerbe, tant il est difficile au plus grand savant d'isoler la bonne foi la plus sincère et la passion la plus intègre pour la science de toute considération purement humaine. Et pourtant, même à considérer la science par ce petit côté, on ne peut s'empêcher de l'admirer encore et de l'aimer davantage, car cette émulation ardente, ce zèle qui parfois s'impatiente, qu'est-ce au fond autre chose qu'un hommage inconscient à l'invincible attrait de la vérité ?... Dans ces discussions, on se rappelle Pasteur, le premier Maître de toute cette science qui nous passionne après lui, Pasteur, l'homme si doux avec les petits, au cœur si affectueux, et certainement à l'esprit si loyal, Pasteur cependant qui se fâchait pour de bon contre les partisans de la génération spontanée ou les adversaires de la théorie microbienne des maladies infectieuses !

C'est Pasteur lui-même, en 1879, qui ouvrit le débat sur la théorie de l'immunité, par sa découverte de la vaccination contre le choléra des poules. Il attribuait l'immunisation à ce fait que les microbes atténués inoculés à une poule avaient épuisé dans son sang et ses humeurs une substance inconnue nécessaire à leur développement et rendu ainsi le *milieu* inhabitable pour une nouvelle

génération. — A cette explication, Chauveau opposait celle-ci : les premiers microbes avaient laissé dans les humeurs une substance toxique pour eux-mêmes et leurs semblables : le milieu n'était pas appauvri, mais empoisonné.

Ces deux premières explications de l'immunité acquise s'appuyaient l'une et l'autre sur une *propriété des humeurs*. La discussion ne sortit pas de là, lorsqu'il s'agit dans la suite d'interpréter la vaccination contre le rouget des porcs ou contre le charbon.

On avait cependant découvert depuis longtemps que les microbes pénétraient dans les leucocytes, mais on était si loin de voir dans cette pénétration un processus de défense de l'organisme qu'on attribuait au contraire aux leucocytes les propriétés d'un terrain particulièrement favorable et nutritif pour les microbes.

En 1883 et 1884, Metchnikoff posa les bases de sa théorie de la phagocytose, laquelle fut aussitôt très vivement critiquée (1). Baumgarten, Weigert, Ziegler, bien d'autres nièrent dès l'abord que la phagocytose eût affaire en quoi que ce soit avec la préservation de l'organisme contre les maladies. Tout au plus fallait-il admettre que les phagocytes étaient chargés de faire disparaître les cadavres des microbes, qui mouraient simplement d'eux-mêmes, de leur belle mort, dans un organisme qui leur était inhospitalier, ou bien qui succombaient à leur propre intoxication suivant la théorie première de Chauveau.

Quelques années après, en 1888, Nuttal et Flügge, reprenant des expériences de Fodor, découvrirent que le sang défibriné de lapin était bactéricide *in vitro*, et ils montraient dans ce sang, observé au microscope sur pla-

(1) L'histoire critique des théories de l'immunité a été retracée à ses premières phases dans une étude très documentée de M. le Dr Lebrun : *L'Immunité dans les maladies microbiennes*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1896 et 1897. Metchnikoff a repris toute la question et l'a mise au point dans son magistral ouvrage : *L'Immunité dans les maladies infectieuses*. Masson, 1904.

tine chauffante, les microbes du charbon se détruisant, se dissolvant *en dehors des leucocytes*. Cette observation semblait à la fois renverser la thèse de Metchnikoff et en établir une autre à sa place : c'était désormais à la partie liquide du sang et non à ses cellules qu'il fallait attribuer la véritable défense contre les microbes. C'était la *théorie humorale* de l'immunité opposée à la *théorie cellulaire* ou phagocytaire.

Les travaux suscités par cette divergence d'interprétation sont innombrables ; les découvertes succédèrent aux découvertes, apportant à chaque école des arguments qui tantôt faisaient prévaloir une opinion, tantôt l'opposée. Chaque école, du reste, pouvait se réclamer des noms les plus illustres. Pour retrouver l'intérêt passionné d'une telle discussion scientifique dans le domaine de la biologie, il faut remonter aux controverses suscitées par les premières découvertes de Pasteur sur les microbes, que nous rappelions tout à l'heure, ou à la mémorable « dispute » de Flourens et de P. J. Van Beneden sur l'origine des vers intestinaux : « Votre découverte est un roman ! » disait en pleine Académie Française le grand Flourens à l'illustre zoologiste de Louvain. Et, curieux rapprochement, Lister, que nous pouvons bien aussi appeler le grand Lister, disait en 1896, dans son discours présidentiel à l'Association Britannique : « Si jamais il y a eu un chapitre romantique en pathologie, c'est assurément celui de l'histoire du phagocytisme (1) ! » Mais Lister traitait ainsi l'histoire de la discussion et non la découverte elle-même de Metchnikoff, dont il était un des chauds partisans.

En 1888, un peu après les expériences de Nuttal et Flügge, von Behring et Nissen découvrirent la propriété bactéricide du sang des rats blancs vis-à-vis du charbon. Comme ces animaux sont réfractaires au charbon, von

(1) *L'Art de guérir et la Science.* Discours présidentiel au Congrès de l'Association Britannique pour l'avancement des sciences, Liverpool, septembre 1896.

Behring attribua cette immunité au pouvoir humoral qu'il venait de constater. Ce fut une nouvelle victoire pour les humoristes. Mais il est juste de dire que von Behring lui-même, deux ans après, reconnut que ce pouvoir bactéricide n'était pas le véritable facteur de l'immunité. Par contre la découverte que le même savant, en collaboration avec Kitasato, devait bientôt faire du pouvoir immunisant conféré par les toxines, allait fournir à la théorie humorale un argument bien plus puissant. Dans l'entretemps, Buchner de Munich, qui d'abord avait adopté la théorie phagocytaire, l'abandonna complètement à la suite de ses recherches sur les propriétés bactéricides et devint en quelque sorte le chef de l'école humoriste. C'est à ce savant que l'on doit d'avoir montré l'analogie entre le pouvoir bactéricide du sang et son pouvoir cytotoxique dont le premier ne serait qu'un cas particulier. Il donna à la substance cytotoxique et bactéricide répandue dans le plasma sanguin le nom d'*alexine*, que Bardet proposa plus tard de remplacer par celui de *cytase* (1).

La découverte de von Behring et Kitasato que nous venons de rappeler indiquait en outre dans le sérum des animaux immunisés par des toxines la présence d'*antitoxines* qui conféraient à ce sérum des propriétés immunisantes.

Enfin, en 1894, Pfeiffer et Issaëff parurent donner le coup de grâce à la théorie cellulaire de l'immunité en révélant le phénomène de la *granulation* des microbes dans le plasma sanguin. Voici en quoi consistait leur découverte : lorsqu'on immunise des cobayes contre le vibrion cholérique par des injections de cultures stérilisées par la chaleur, on constate que leur sang acquiert la propriété de tuer des vibrions cholériques virulents en les morcelant peu à peu et même en dissolvant ensuite les

(1) Alexine = substance défensive (ἀλέξω = défendre). Cytase = ferment des cellules (la terminaison *ase* désigne les ferments).

granules ainsi formés. Le tout se passait hors des leucocytes. La disparition complète des granules par dissolution a été, il est vrai, contestée, mais le fait de la granulation est universellement reconnu. C'était là un cas nouveau de propriété bactéricide des humeurs, à ajouter aux faits découverts par Nuttal et Flügge, puis par von Behring et Nissen ; mais ce qui donnait au phénomène de Pfeiffer un intérêt capital, c'est qu'on pouvait le constater non seulement *in vitro*, mais *in vivo*, dans le liquide péritonéal du cobaye.

Tels étaient, pour n'en citer que les principaux, les faits que les humoristes opposaient — qu'ils opposent encore — à la théorie de Metchnikoff sur le rôle des phagocytes dans l'immunité contre les maladies infectieuses et surtout dans l'immunité acquise.

Dans le monde des laboratoires le pire des dangers ne consiste pas dans les contagions microbiennes : la maladie la plus funeste pour les expérimentateurs est celle du parti-pris, qui est aussi une maladie contagieuse. Il faut une grande prudence pour bien poser à la nature cette question qu'on appelle une *expérience*, il en faut une plus grande encore pour interpréter judicieusement les résultats, la réponse de la nature. *Experientia fallax*, disait le plus grand génie qui ait peut-être éclairé la médecine, le vieil Hippocrate, *experientia fallax, judicium difficile !...* Mais de toutes les sources d'erreur qui peuvent s'infiltrer dans le champ de l'expérimentation, la plus pernicieuse est l'esprit de système. On devrait graver sur toutes les murailles de nos laboratoires cette parole de Bossuet dont Pasteur avait fait sa devise : « Le plus grand dérèglement de l'esprit est de croire que les choses sont parce qu'on veut qu'elles soient ».

Entre les thèses extrêmes de l'humorisme et du phagocytisme, quelques esprits très pondérés avaient compris qu'il fallait chercher sans idées préconçues une théorie qui conciliât tous les faits. L'honneur d'avoir le premier

ramené la discussion dans cette voie revient au professeur Denys, de Louvain. Ce ne fut pas, sans doute, sans tâtonner qu'il y parvint, mais c'est toujours à tâtons qu'on doit chercher son chemin dans l'obscurité. Denys, en collaboration avec ses élèves, démontra péremptoirement cette thèse fondamentale de Metchnikoff que les leucocytes ne sont pas de simples « fossoyeurs », chargés de faire disparaître les cadavres des microbes, mais qu'ils mangeaient les microbes bien vivants pour les digérer (1). C'était un apport essentiel à la théorie phagocytaire.

En même temps, l'école de Denys étudiait les propriétés des sérums et des exsudats : mais on y constatait que les exsudats riches en leucocytes manifestent un pouvoir bactéricide supérieur à celui des sérums correspondants (2). Van de Velde, élève de Denys, démontra enfin que les *alexines* répandues dans les humeurs sont des produits fabriqués par les leucocytes (3). Indépendamment de l'école de Louvain, Buchner lui-même arrivait aux mêmes résultats par des expériences différentes. On avait ainsi trouvé, suivant son expression, le *pont* entre les deux théories, si opposées d'abord en apparence : en résumé, la phagocytose existait et tuait les microbes ; les humeurs possédaient aussi un pouvoir bactéricide, mais ce pouvoir leur venait des leucocytes qui leur abandonnaient la substance bactéricide.

Toute discussion cependant n'était pas close : on pouvait se demander dans quelles circonstances et de quelle manière les leucocytes fournissaient cette substance au plasma. Suivant les uns, les alexines étaient un produit de sécrétion normale de ces cellules ; suivant Metchnikoff, elles étaient bien produites par les leucocytes, mais non

(1) Denys et Havez, *Sur la part des leucocytes dans le pouvoir bactéricide du sang* (La Cellule, 1893).

(2) Les mêmes (La Cellule, 1894).

(3) Van de Velde, *Étude sur le mécanisme de la virulence du staphylocoque pyogène* (La Cellule, 1894).

excrétées normalement par eux : ces substances restaient renfermées dans les leucocytes, où elles servaient à la phagocytose, et ne se répandaient dans le plasma qu'à la suite de lésions des phagocytes ou, comme dit Metchnikoff, à la suite de *phagolyse*, c'est-à-dire de destruction des phagocytes. La solution de cette question dépendait encore, on le voit, de ce fameux *desideratum* que nous avons exposé plus haut : pouvoir obtenir du plasma normal, tel qu'il circule dans l'organisme, pour établir ses différences avec le sérum, qui n'est jamais qu'un produit artificiel.

Des expériences multiples, faites par les maîtres les plus habiles, suppléent jusqu'à un certain point à cette impossibilité où l'on est jusqu'aujourd'hui de travailler sur le sang normal. Nous n'en citerons que quelques-unes, particulièrement intéressantes.

Denys et Leclef (1) ont introduit des leucocytes bien vivants, séparés par un lavage soigneux de toute trace extérieure de ferment bactéricide, dans un sérum privé lui-même par un chauffage convenable de tout pouvoir bactéricide (2). Après un contact de cinq heures en étuve, ce sérum est séparé des leucocytes dont on l'avait chargé. Mais dans ces circonstances, il ne révèle pas de pouvoir bactéricide, d'où les auteurs concluent qu'il n'y a pas eu *sécrétion* de cytase.

D'autre part, que les leucocytes abandonnent leurs cytases par leur destruction, cela ressort à l'évidence d'expériences nombreuses, dont plusieurs sont dues à Buchner lui-même. Appliquant à l'Institut Pasteur, sous la direction de Metchnikoff, certains procédés employés par Buchner dans son laboratoire de Munich, Gengou a même pu recueillir et étudier isolément la cytase abandonnée à leur mort par les microphages (leucocytes poly-

(1) *Sur le mécanisme de l'immunité chez le lapin vacciné contre le streptocoque pyogène* (La Cellule, 1895).

(2) Un chauffage à 60° détruit les cytases.

nucléaires) et celle qu'abandonnent les macrophages (leucocytes mononucléaires), la première attaquant les microbes *(microcytase)*, la seconde les éléments figurés *(macrocytase)* (1).

Metchnikoff et Gengou ont en outre réussi, par un procédé à la vérité fort délicat, à rendre sensible la différence entre le sérum artificiel et le plasma naturel, en même temps qu'ils démontraient que les cytases n'étaient dans le plasma qu'à la suite de lésion des leucocytes : en étudiant la coagulation du sang, nous avons dit qu'on pouvait la retarder en recevant le sang dans des tubes paraffinés, et que ce retard était dû à ce que les leucocytes étaient moins avariés par leur contact avec la paraffine que par leur contact avec le verre qui les déchire invariablement. Gengou, profitant de cette circonstance, a étudié le pouvoir bactéricide d'un même sang dans le sérum préparé de deux façons différentes : le sérum obtenu à la suite de la coagulation et contenant par conséquent les substances abandonnées par les leucocytes morts, et le sérum obtenu par centrifugation immédiate du sang reçu en tubes paraffinés. Ce dernier contenait naturellement une certaine quantité de ces mêmes substances, car il est impossible de procéder à ces manipulations sans blesser un certain nombre de leucocytes ; mais son pouvoir bactéricide était insignifiant vis-à-vis du même pouvoir dans le sérum obtenu à la suite de coagulation.

Le « pont » jeté par Denys et Buchner entre la théorie humorale et la théorie cellulaire a donc amené une simplification considérable, par conséquent un grand progrès scientifique, car tout ce qui simplifie le science la rapproche de la vérité. On peut désormais considérer comme acquis que les phagocytes agissent de deux façons sur les microbes (et aussi, rappelons-le, sur les éléments figurés anormaux) : par les cytases qu'ils répandent dans le

(1) Annales de l'Institut Pasteur, 1901.

plasma, sinon par sécrétion normale du moins par phagolyse, et par phagocytose, dans laquelle du reste ils utilisent les mêmes ferments mais dans leur intérieur.

On peut discuter, sans doute, sur la primauté à accorder au rôle protecteur du plasma inondé de cytase ou de la phagocytose. Mais le « pont » n'en reste pas moins bien établi.

Si la question s'arrêtait là, on pourrait la considérer presque comme résolue. Malheureusement pour la patience des hématologistes, elle est bien plus compliquée.

Il n'y a pas seulement à expliquer dans le plasma la présence des cytases, mais celle de bien d'autres anticorps.

Ce n'est pas la première fois que nous avons l'occasion d'utiliser ce terme ; nous le définirons en passant. Nous avons vu — et cette observation résume presque toute cette étude — que lorsqu'on introduit ou lorsqu'il se produit dans le sang des éléments anormaux, cellules étrangères ou cellules atrophiées, microbes, toxines, poisons, etc., le sang manifeste immédiatement une réaction défensive qui a pour but de rétablir son état normal en détruisant ou en neutralisant l'élément perturbateur. La phagocytose est le type de cette réaction. Mais, quelle qu'en soit l'origine, cette réaction se traduit aussi par l'apparition dans le plasma d'éléments de défense : telles sont les cytases. On a donné aux cytases et à ces autres éléments de défense le nom fort vague d'*anticorps*.

La discussion entre humoristes et phagocytistes, plus ou moins simplifiée à l'égard des cytases, continue donc à propos des autres anticorps.

Nous ne suivrons pas cette discussion, assurément passionnante pour les habitués des laboratoires, mais qui ne peut s'élucider que par des expériences excessivement détaillées et minutieuses. L'exemple que nous avons donné du problème des cytases suffit d'ailleurs à initier le lecteur aux méthodes d'expérimentation et de raisonnement dans ces difficiles recherches. Nous terminerons donc ce cha-

pitre en signalant simplement sans les approfondir quelques points de l'histoire des autres anticorps.

Les cytases constituent à elles seules la grande défense de l'organisme dans l'immunité naturelle, soit qu'elles agissent dans le corps des leucocytes, dans l'acte de la phagocytose, soit qu'elles agissent en outre, comme c'est la règle, en s'épanchant dans la plasma. Mais dans l'immunité acquise il n'en va plus ainsi. Que l'immunisation se soit produite par la voie naturelle d'une première atteinte bénigne de l'infection ou qu'elle ait été procurée artificiellement par vaccination, on constate dans les deux cas que les cytases, sans puissance sur les microbes de la maladie en jeu, ont besoin pour les vaincre du concours d'un autre anticorps, d'un autre ferment, qu'on a appelé le *fixateur*. Ce second ferment paraît en effet avoir pour effet de permettre à la cytase de *se fixer* sur le microbe. Bordet, à qui l'on doit les études fondamentales de ces phénomènes, appelle les fixateurs les substances *sensibilisatrices*, indiquant par là qu'elles rendent le microbe *sensible* à l'action de la cytase, à peu près comme les *mordants* des teintures rendent l'objet à teindre sensible à l'action de la couleur. Erlich les appelle corps immunisants ou encore *ambocepteurs*, parce qu'il les considère comme des sortes de corps chimiques non saturés, et capables de s'unir par une de leur valence au microbe, par l'autre à la cytase.

Quelle que soit l'interprétation et quel que soit le nom, le fixateur est spécifique de l'élément sur lequel il agit, ou plutôt sur lequel il fait agir la cytase : alors que la cytase est peut-être la même qui possède la puissance de digérer différents microbes, le fixateur est divers ; tel fixateur qui agit sur telle espèce microbienne n'agit que sur cette espèce. L'immunisation serait donc due à la production ou à l'introduction dans l'organisme non pas de cytases déterminées, mais de fixateurs déterminés pour chaque maladie.

Un autre caractère qui différencie les fixateurs des cytases, c'est que les cytases, du moins d'après Metchnikoff, sont normalement renfermées dans les leucocytes, tandis que les fixateurs sont habituellement répandus dans le plasma circulant. On conçoit que l'école humoriste tient, dès lors, l'existence des fixateurs dans le sang comme un argument en faveur de sa thèse. Quant à l'école phagocytaire, elle se rattache l'histoire des fixateurs en disant que, comme les cytases, ils sont des produits leucocytaires, mais des produits qui peuvent quitter les leucocytes par sécrétion sans nécessiter la phagolyse.

La découverte des fixateurs ne concerne pas seulement l'action du sang sur les microbes dans les cas d'immunisation contre ceux-ci : elle a, d'après ses auteurs, une portée bien plus générale. Les fixateurs interviendraient encore vis-à-vis des toxines dans l'interprétation du pouvoir antitoxique ; vis-à-vis des cellules anormales, dans l'interprétation du pouvoir cytotoxique, hémolytique, leucolytique, etc. ; vis-à-vis des substances alimentaires, des substances médicamenteuses, des substances vénéneuses, etc., dans l'interprétation des phénomènes d'assimilation auxquels nous avons montré les leucocytes si intimement mêlés.

On a bâti à propos de l'action des fixateurs des systèmes divers. Celui d'Erlich, surtout, dont nous avons indiqué le principe fondamental, est un véritable chef-d'œuvre d'ingéniosité, et il faut avouer que son auteur a su en tirer des déductions qui rendent compte de la plupart des phénomènes. Mais, comme le dit très justement Metchnikoff, quand on en arrive à ces finesses de raisonnement, on travaille sur des *vues de l'esprit* qui répondent sans doute à des réalités, mais qui ne les représentent pas adéquatement.

On nous permettra, puisqu'il s'agit de vues de l'esprit, de terminer ce long exposé par une réflexion philosophique qui s'impose lorsqu'on réfléchit aux deux grandes

théories opposées dont nous avons exposé les grandes lignes. Les faits ne fournissent pas, jusqu'à présent, d'argumentation *absolument* invincible ni pour la théorie humorale, ni pour la théorie cellulaire. On peut du moins opposer à chaque théorie des objections incomplètement résolues. Mais il n'est pas douteux que la théorie *cellulaire* répond bien mieux aux conceptions qui nous sont habituelles dans la biologie moderne. Lorsque l'illustre médecin belge Th. Schwann découvrit que la cellule était l'élément essentiel, primordial, de tout tissu vivant, il posa la véritable base de toute l'anatomie végétale et animale. Sa théorie subit de nombreuses critiques, auxquelles ni lui ni ses successeurs ne purent répondre immédiatement d'une façon convaincante : pendant longtemps on vit traîner dans les livres la théorie de l'origine humorale des cellules. Aujourd'hui on est plutôt mal venu à nier le principe d'histogenèse : toute cellule vient d'une cellule, généralisation magnifique du vieux principe de Harvey : *omne vivum ex ovo*. Notre éducation biologique est toute cellulaire. Et de là vient qu'en physiologie comme en anatomie, une théorie cellulaire de n'importe quelle propriété d'un être ou d'un tissu vivant satisfera toujours plus notre esprit qu'une théorie humorale : une cellule, c'est quelque chose de défini et d'individuel, et capable de posséder des propriétés individuelles. Une humeur, c'est quelque chose de vague, et nous ne savons ce que c'est, si nous ne la rattachons pas à la cellule.

III

LES DIAGNOSTICS TIRÉS DU SANG

La longue étude que nous venons de faire nous a montré le sang intimement lié à toutes les fonctions de l'organisme. C'est par lui que s'opèrent tous les échanges qui

entretiennent la vie. Il est l'agent régulateur qui maintient l'équilibre physiologique, l'état normal de tout l'organisme : il lutte par ses propriétés physiques, chimiques, physiologiques contre toutes les causes de trouble, soit d'origine extérieure, soit d'origine intérieure, qui peuvent entraver le jeu régulier des fonctions. Or, comme le sang lui-même possède un équilibre physiologique extrêmement sensible, il s'ensuit que tout désordre dans l'organisme apporte des modifications facilement appréciables dans la constitution naturellement très fixe du sang.

L'examen du sang fournit ainsi au médecin les plus précieuses indications sur les divers états pathologiques. C'est une séméiologie que chaque découverte hématologique précise davantage et qui, dès maintenant, doit se ranger à côté des examens bactériologiques, des analyses d'urine et des analyses histologiques. Le professeur Hayem, un des vétérans et l'on peut dire un des fondateurs de l'hématologie, écrivait autrefois cette parole prophétique : « L'avenir appartient à l'hématologie » (1). Le plus grand nombre, à cette époque, considéraient cette parole comme l'exagération naturelle d'un savant trop épris de son étude favorite, mais la prévision de Hayem se réalise : déjà l'hématologie s'est imposée comme une des bases nouvelles de la physiologie normale et pathologique. Bientôt elle occupera dans la science clinique un rang tellement fondamental qu'il ne sera plus permis à aucun praticien d'en négliger les secours diagnostiques. Les modifications pathologiques du sang et par conséquent les données diagnostiques que son examen peut fournir peuvent se rapporter à trois chefs.

On peut découvrir dans le sang la présence de *parasites*, les uns de nature animale, tels que l'hématozoaire du paludisme ; les autres de nature végétale : les microbes.

(1) Hayem, *Leçons sur les maladies du sang.*

Le sang peut présenter des modifications dans les éléments figurés qu'il transporte.

Enfin les modifications peuvent concerner les éléments solubles dans le plasma.

I. ÉLÉMENTS PARASITAIRES. — Ce serait sortir de notre sujet que de développer l'histoire des parasites du sang, qui rentre plutôt dans le domaine de la bactériologie. Il nous suffira de la signaler.

On peut assez facilement constater dans le sang le développement et la multiplication d'un certain nombre de parasites animaux. Les deux plus intéressants sont la *filaire*, agent de la filariose, et l'hématozoaire de Laveran, agent de la fièvre paludéenne.

Le premier est un nématode qui atteint 340 μ de long sur 7 de large et qui, à certaines heures, se fixe dans des organes profonds et, à d'autres, se répand en nombre immense dans le plasma lymphatique et sanguin.

L'hématozoaire de Laveran vit au contraire dans les hématies, du moins pendant un stade de son développement. Il subit des métamorphoses suivant lesquelles il apparaît tantôt comme des filaments *(flagella)* isolés et circulant dans le plasma, tantôt comme des corps en croissants, des corps sphériques ou des corps segmentés en rosace, parasites des hématies. Ce sont des sporozoaires du groupe des coccidies.

Ces animalcules sont des êtres sexués et des parasites à migration, c'est-à-dire que le cycle de leur existence se poursuit chez des hôtes différents. Laveran a démontré, par exemple, la migration de l'agent du paludisme dans le corps des moustiques, d'où il pénètre dans le sang de l'homme à la suite des piqûres de ces insectes.

D'autres maladies sont dues à d'autres parasites animaux du sang : la fièvre jaune, par exemple, la maladie du sommeil, etc.

Les parasites microbiens sont beaucoup plus difficiles,

en général, à déceler dans le sang. On peut y découvrir cependant le terrible microbe du charbon, le spirille de la fièvre récurrente, etc. Mais en dehors de certaines exceptions, les microbes sont très rares dans le sang circulant : pendant longtemps même, le sang a passé pour une humeur parfaitement aseptique, et il fallait aller le puiser dans quelque organe privilégié, comme la rate, pour y trouver ces micro-organismes. Des recherches plus récentes ont cependant montré que, dans certains cas, en ensemençant des milieux de culture avec de grandes quantités de sang et en usant de précautions spéciales, on obtenait des cultures de microbes pathogènes. Mais ce ne sont pas là des analyses pratiques en clinique.

II. MODIFICATIONS DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG. — Ces modifications peuvent atteindre la nature des éléments ou simplement leur nombre.

Parfois, en outre des éléments figurés normaux que nous avons décrits dans les premières pages de cette étude en faisant l'anatomie du sang, on rencontre dans la circulation des éléments anormaux qui sont des formes purement pathologiques ou du moins des formes normalement localisées dans les organes hématopoïétiques, la moelle osseuse ou les ganglions lymphatiques.

Ainsi, les hématies à noyau qui, normalement, ne se rencontrent dans la circulation qu'avant la naissance et jamais chez l'enfant ni chez l'adulte, peuvent apparaître dans certaines affections : l'anémie pernicieuse, la leucémie myélogène, les cancers, la syphilis, la malaria,... ; en général, c'est un symptôme grave.

Les hématies peuvent présenter d'autres altérations : au lieu d'être éosinophiles comme à l'état normal, elles peuvent se colorer par des colorants basiques ou neutres. Elles peuvent avoir des granulations. Enfin, elles peuvent prendre des formes bizarres, en virgule, en croissant, etc., ce qui arrive souvent dans les anémies graves. Ces globules rouges difformes portent le nom de *poïkilocytes*.

Trois formes anormales de globules blancs se rencontrent dans les mononucléaires : les *plasmazelles*, dont le protoplasme est basophile et dont le noyau présente une rosace de coloration intense ; les *cellules de Türk*, à protoplasme basophile et à noyau sans rosace ; les *myélocytes* ou mononucléaires à granulations.

Mais les modifications les plus intéressantes des éléments figurés, celles qui donnent les diagnostics les plus importants, sont les modifications du nombre proportionnel des éléments normaux. Elles méritent que nous nous y arrêtions avec quelque détail.

Nous avons vu que l'anatomie du sang normal révèle toujours des proportions presqu'invariables dans les nombres des diverses cellules du sang. On peut résumer ces proportions dans le tableau suivant :

1° PAR MILLIMÈTRE CUBE :

Hématies	5 millions
Leucocytes	6 à 8 mille

2° SUR 100 LEUCOCYTES :

32 ou 33 mononucléaires	Lymphocytes	25
	Gros mononucléaires	7 ou 8
67 ou 68 polynucléaires	Neutrophiles	65 ou 66
	Éosinophiles	1 ou 2
	Basophiles (Mastzellen)	1 sur 2 ou 3 cents

Ce tableau représente ce qu'on a appelé la « formule hémoleucocytaire » du sang normal. Un bon nombre de maladies modifient cette formule, et cela se comprend aisément puisque le sang répond à tout désordre de l'organisme par un effort pour le réparer : il est tout simple que sa constitution porte la marque de cet effort. Si, par exemple, il s'agit d'une infection microbienne, les leucocytes s'empressent vers l'endroit infecté, et aussitôt les organes hématopoïétiques, les ganglions lymphatiques en particulier, entrent dans une phase d'activité surexcitée :

il y a surproduction de leucocytes pour subvenir à la défense de l'organisme, il y a, comme on dit, *hyperleucocytose*.

Mais ce que l'on ne pouvait imaginer, c'est la précision merveilleuse de cette réaction du sang. Elle est tout aussi surprenante que la parfaite stabilité de la formule hémoleucocytaire à l'état normal. Les deux faits, d'ailleurs, sont de même ordre : ils tiennent à l'exquise sensibilité des organes hématopoïétiques. La réaction leucocytaire est tellement infaillible et en même temps tellement précise que l'on a pu établir des formules hémoleucocytaires spécifiques pour un certain nombre de maladies. L'analyse du sang à ce point de vue consiste simplement à étaler une goutte de sang *frais* sur un slide, à la fixer, à la colorer avec les colorants acides, basiques et neutres en usage et à compter la proportion des différentes espèces de globules. On répète la numération sur un certain nombre de champs et on prend la moyenne pour plus de sûreté (1).

(1) Il est sans doute assez difficile pour un grand nombre de médecins de pratiquer les analyses du sang : le microscope et les réactifs et surtout *le temps* peuvent leur manquer. La même difficulté, bien plus accentuée, se présenterait pour leurs analyses bactériologiques, et l'on y a paré en instituant des laboratoires officiels de bactériologie, où tout médecin peut envoyer ses produits à analyser. La même solution s'impose pour les analyses hématologiques : tout laboratoire bactériologique doit être aujourd'hui en mesure de les effectuer.

Il est vrai qu'une autre difficulté se présente alors : l'analyse hématologique doit se faire sur des préparations effectuées avec du sang frais ; le praticien ne pourrait envoyer du sang de son malade dans un flacon, comme il envoie ses crachats, du pus ou de l'urine. D'autre part, il n'est souvent pas possible que le malade se présente lui-même au laboratoire. Mais je pense que l'usage s'établira facilement pour chaque médecin d'exécuter lui-même la première préparation au lit du malade et d'envoyer ensuite la goutte de sang ainsi préparée au laboratoire, qui la fixera, la colorera et l'étudiera. Cette première préparation est d'une technique fort simple et à laquelle *on se fait la main* rapidement :

Elle se fait en trois temps :

1° *Prise de sang.* — Laver au savon le doigt à piquer (la sueur et la matière sébacée en se mêlant au sang vicieraient la préparation). Laisser la circulation reprendre dans le doigt son cours normal. Essuyer légèrement avec un linge *propre* et *sec* la place à piquer (de préférence la partie

Les leucémies se caractérisent par une diminution du nombre des hématies et une multiplication énorme des leucocytes. Ce ne sont pas à proprement parler des maladies du sang, mais plutôt des maladies des grands organes hématopoïétiques : la moelle osseuse, qui fournit essentiellement les globules rouges, les ganglions lymphatiques, producteurs des leucocytes, la rate... Il ne s'agit pas là non plus de maladies infectieuses. Aussi les formules ne sont pas précises comme dans ces dernières, quoiqu'elles soient caractéristiques par leur exagération excessive : le nombre des globules blancs peut atteindre 200 000 ou 300 000 par millimètre cube dans la leucémie lymphatique, et jusqu'à 600 000 dans la leucémie myélogène. Dans la première, les lymphocytes en particulier se multiplient proportionnellement beaucoup plus que les autres leucocytes. En même temps qu'il y a hyperleucocytose extrême, les globules rouges anormaux, poïkilocytes et nucléés, se répandent dans la circulation, surtout dans la leucémie myélogène.

Mais c'est surtout dans les maladies infectieuses que

dorsale ou latérale de la phalangette, où la peau est plus fine et moins riche en corpuscules du tact que sur la pulpe), et piquer aussitôt d'un coup sec avec une aiguille ou mieux une lancette. Essuyer rapidement avec le linge la première goutte.

2° *Étalement.* — Aussitôt que la seconde goutte est formée, en toucher très légèrement le *sommet* avec la surface d'un slide (lame ou porte-objet) très propre (nettoyé à l'alcool), et *aussitôt* étaler la gouttelette ainsi recueillie : quelques opérateurs se contentent pour cela de souffler dessus obliquement, mais on réussit mieux en passant rapidement sur la gouttelette un second slide *à bords rodés* incliné à 45° sur le premier : c'est le mouvement d'un couteau qui étend du beurre sur une tranche de pain. Il faut appuyer assez pour que la couche de sang soit mince et cependant pas trop pour ne point écraser ou entraîner les globules blancs vers l'extrémité de la préparation. C'est un tour de main à acquérir.

3° *Dessiccation.* — Aussitôt que la gouttelette est étalée, on sèche en agitant le slide dans l'air : trois ou quatre grands mouvements à bout de bras suffisent. Ne jamais sécher à la chaleur.

On peut refaire une ou deux préparations pareilles avec la troisième et la quatrième gouttes.

Ainsi faites, ces préparations se conservent sans altération : on les envoie telles quelles au laboratoire qui les achèvera.

les formules leucocytaires sont instructives pour le clinicien (1).

Le plus souvent, une maladie infectieuse s'accompagne d'hyperleucocytose ; c'est « la signature de l'état infectieux », suivant l'expression de Bezançon et Labbé. Le nombre des leucocytes peut atteindre le double ou le quadruple du nombre normal : on peut en compter 15 à 25 mille par millimètre cube, et parfois même 50 mille et plus, mais très exceptionnellement.

Habituellement l'hyperleucocytose est polynucléaire, c'est-à-dire que la multiplication atteint principalement les leucocytes polynucléaires et, parmi ceux-ci, plus particulièrement les neutrophiles : au lieu de 65 pour cent, on en compte de 80 à 95. Cette augmentation correspond bien au rôle que nous avons vu remplir par les polynucléaires : la lutte contre les microbes.

Cependant la loi n'est pas absolue : l'hyperleucocytose polynucléaire — ou, comme on dit par abréviation, la *polynucléose* — caractérise principalement les infections dues à des microbes banaux, parasites fréquents, parfois même habituels, de nos muqueuses, tels que les streptocoques et les staphylocoques : on la rencontre dans les érysipèles, les septicémies, les suppurations, les angines, le rhumatisme articulaire aigu, la blennorragie, etc., et aussi dans la scarlatine. Au contraire, les maladies à microbes très spécifiques, habituellement étrangers à l'organisme, sont plutôt accompagnées d'hyperleucocytose mononucléaire, de *mononucléose* : c'est le cas notamment pour la tuberculose et quelques autres maladies chroniques ; c'est le cas aussi pour la coqueluche et les oreillons, où l'augmentation porte surtout sur les lymphocytes. La variole est aussi une maladie à mononucléose : les mononucléaires y montent jusqu'à une proportion de 60

(1) Bezançon et Labbé, *Traité de Pathologie générale de Bouchard*, t. VI, Masson, 1903 ; et *Traité d'Hématologie*, Masson, 1904.

pour cent et, signe particulier, sont accompagnés de cellules anormales : plasmazelles, cellules de Türk, myélocytes.

Enfin, on rencontre des maladies où la proportion des leucocytes est inférieure à la moyenne : ce sont en particulier la fièvre typhoïde et la malaria. Le nombre des leucocytes y descend à 2000 et même à 1000 par millimètre cube. On dit alors qu'il y a *leucopénie*. En même temps, parmi les leucocytes survivants, on constate une mononucléose relative.

Ces formules diverses ne suffisent pas toujours à elles seules à établir le diagnostic précis d'une infection, mais elles constituent des symptômes très importants qui bien souvent serviront à dirimer des incertitudes. Nous n'en citerons qu'un cas, du reste d'une pratique assez fréquente : il est arrivé à tout praticien d'hésiter dans son diagnostic devant un malade fébricitant, à l'allure plus ou moins typhoïde ; on soupçonne une fièvre typhoïde fruste, une tuberculose latente, peut-être du paludisme...

Si dans ces conditions l'analyse du sang révèle de l'hypoleucocytose, on penchera vers la fièvre typhoïde, à moins que l'examen des hématies au début des accès n'y fasse découvrir l'hématozoaire de Laveran. S'il y a hyperleucocytose avec mononucléose, il s'agira plutôt de la tuberculose. S'il y a polynucléose, on sera en droit de soupçonner une pneumonie, une septicémie, une suppuration cachée, une appendicite, par exemple.

Au fur et à mesure que les formules leucocytaires sont mieux étudiées, on les relie de plus en plus simplement aux données physiologiques que nous possédons sur les leucocytes. En même temps, elles peuvent acquérir parfois une signification pronostique.

Le polynucléaire neutrophile, nous venons de le rappeler, est le microphage par excellence. Il est d'ailleurs

la véritable « cellule du sang ». Sa multiplication indique bien une défense rapide, toujours prête, contre un ennemi habituel, plus ou moins facile à vaincre. Et dans cette occurrence, une hyperleucocytose polynucléaire moyenne est plutôt rassurante : elle constitue une bonne défense contre une infection de moyenne gravité. Une polynucléose excessive serait un signe grave, puisqu'elle indiquerait une infection intense ; toutefois ce serait encore la marque d'une vigoureuse réaction. Mais si, dans une maladie dont la formule devrait être une polynucléose, il y avait *inversion de la formule*, c'est-à-dire s'il y avait *leucopénie*, diminution de leucocytes, le pronostic serait plus inquiétant encore : cela indiquerait un manque de réaction, une paralysie de la défense.

Dans les maladies à polynucléose, on remarque souvent à la période de convalescence une poussée de mononucléose ; l'explication nous en est connue : ce sont les mononucléaires qui se mettent en devoir de nettoyer la place et d'enlever les morts, les débris, les résidus.

La mononucléose indique une défense contre un ennemi étranger, un élément anormal ; la défense est plus lente à se produire, la lutte est plus tenace : on voit bien, au début, une première poussée de polynucléose, mais, comme si les polynucléaires se sentaient inférieurs à la tâche, cette poussée ne dure pas, elle cède le pas à la mononucléose. Il y a une relation à établir entre cette défense lente et tenace des mononucléaires, et l'immunisation plus ou moins durable qui en résulte parfois : la variole, les oreillons, la fièvre typhoïde, qui sont des maladies à mononucléose, ne récidivent pas.

III. MODIFICATIONS DES ÉLÉMENTS SOLUBLES. — Certaines de ces modifications correspondent à des modifications des éléments figurés : c'est ainsi que le plasma s'imprègne de diverses substances originaires des leucocytes, telles que les cytases.

La plasmase, ce ferment coagulant de la substance fibrinogène, s'échappe aussi, nous l'avons vu, des leucocytes. Des altérations pathologiques peuvent favoriser ou empêcher cette action de la plasmase, et l'on a pu établir des caractères diagnostiques sur le processus variable de la coagulation ; cette variabilité peut tenir d'ailleurs à des causes diverses : l'abondance plus ou moins grande de la substance fibrinogène, des altérations chimiques, dues peut-être à des toxines qui empêchent sa coagulation, etc. A ce point de vue, Hayem a décrit un état particulier du sang, le type *phlegmasique*, qui caractérise certaines maladies, surtout la pneumonie fibrineuse et le rhumatisme articulaire aigu : la coagulation y est ralentie, la quantité de fibrine augmentée. Au microscope, tandis que l'aspect du sang normal frais montre des îlots d'hématies agglomérées dans une mer de plasma, le sang phlegmasique forme plutôt des lacs de plasma dans un continent d'hématies. Dans quelques cas rares, il y a coagulation complète de la masse du sang recueillie *in vitro*, sans formation de sérum : le caillot ne se rétracte pas : on observe ce fait dans le purpura hémorragique, dans l'anémie pernicieuse progressive,... et, à un degré moindre, dans les infections profondes et graves.

Le sérum de certains sangs pathologiques présente des aspects particuliers dus à des éléments solubles : par exemple, il peut contenir de l'hémoglobine abandonnée par des hématies avariées, et prendre une teinte rosée ou même franchement rouge (sérums laqués). Cela se présente dans les cas graves d'hémoglobinurie et dans des infections très profondes.

On peut aussi déceler dans le sang des pigments biliaires et de l'urée en proportion anormale.

Un des caractères les plus invariables du sang normal est, avons-nous vu, sa teneur en chlorure de sodium. Il y a donc intérêt à apprécier exactement les modifications

qui peuvent se présenter dans la proportion de ce sel dissous. On y arrive par un procédé indirect fort ingénieux : l'examen cryoscopique (1). Nous n'en indiquerons que le principe : le point de congélation d'une solution aqueuse d'un sel non altéré par l'eau s'abaisse proportionnellement au nombre de molécules de ce sel contenues dans un même volume du dissolvant. D'après cela, en déterminant le point de congélation du sang (2) au moyen d'un *cryoscope*, on peut se rendre compte de la concentration moléculaire du sang. L'examen cryoscopique du sang n'est pas cependant appelé, semble-t-il, à devenir une méthode clinique usuelle : il serait souvent assez difficile au praticien d'exiger du malade une ponction capable de donner une dizaine de centimètres cubes de sang, et cette quantité est nécessaire pour la cryoscopie, du moins dans les procédés actuels.

L'évaluation de l'hémoglobine du sang, au moins aussi importante, est beaucoup plus facile. Elle est devenue une méthode très pratique que le médecin lui-même peut appliquer rapidement au chevet du malade avec une simple goutte de sang, ou même sans la moindre piqûre, grâce aux procédés d'Hénocque. Quoiqu'il s'agisse d'une propriété des globules rouges, l'indication de ce diagnostic trouvera mieux sa place ici que dans l'étude que nous avons faite des diagnostics tirés de l'examen des éléments figurés. L'évaluation de l'hémoglobine se fait par l'examen *spectroscopique* du sang : l'hématoscope d'Hénocque est un spectroscope appliqué au dosage de l'hémoglobine dans une goutte de sang recueillie entre deux plaques de verre. Un autre appareil du même auteur permet d'apprécier l'activité ou le ralentissement de la réduction de l'oxyhé-

(1) Widal et Lesné, *Applications cliniques de la cryoscopie ; Traité de Pathologie générale de Bouchard*, t. VI.

(2) La concentration moléculaire du sang ne diffère que de un ou deux centièmes de degré de celle du sérum.

moglobine en hémoglobine dans le sang circulant : l'examen se fait par transparence à travers l'ongle du pouce. Remarquons en passant que c'est le *seul* instrument jusqu'ici imaginé qui permette d'étudier une propriété du sang au sein de l'organisme. Les appareils d'Hénocque ont donné lieu à une multitude de travaux, grâce auxquels les diagnostics spectroscopiques ont acquis une grande précision et une importance corrélative.

Nous terminerons cette revue sommaire des analyses cliniques du sang en signalant la méthode des sérodiagnostics d'agglutination.

On sait que parmi ses réactions défensives contre les éléments figurés anormaux, le sang possède la propriété d'*agglutiner* certains de ces éléments les uns aux autres. On a même longuement discuté sur l'importance de ce phénomène au point de vue de son influence dans l'immunité, et les recherches de Metchnikoff tendent à établir que cette influence est tout au plus secondaire. Mais le phénomène n'en est pas moins caractéristique de certaines infections, et Widal en a tiré un précieux diagnostic de la fièvre typhoïde. Les cultures en bouillon du bacille d'Eberth, agent de cette maladie, sont habituellement homogènes : les bacilles y sont isolés les uns des autres ; mais lorsqu'on vient à introduire dans une de ces cultures une quantité très minime de sang ou de sérum d'un typhisé, la culture change immédiatement d'aspect : elle présente des granulations qui peu à peu se précipitent dans le fond du tube de culture. Au microscope, on constate que ce changement est dû à des masses de bacilles qui s'agglomèrent, se collent les uns aux autres. La réaction permet donc de distinguer le sang d'un typhisé du sang d'un autre malade. Elle est tellement sensible en certains cas qu'il est possible de la provoquer avec une goutte de sang desséché recueillie sur un morceau de papier ou de linge. Des réactions analogues ont été proposées pour

d'autres infections : Arloing et Courmont ont proposé des procédés pour le séro-diagnostic de la tuberculose, mais la réaction ne paraît pas aussi caractéristique dans cette infection que dans la fièvre typhoïde (1).

M. Lefebvre.

(1) Je tiens en terminant cette étude à exprimer ma reconnaissance à mon ancien Maître, M. Denys, pour l'amabilité avec laquelle il a bien voulu me communiquer les résultats de ses nombreux travaux ; à M. Metchnikoff, pour ses précieuses indications et ses excellents conseils ; et surtout à M. Bezançon, pour ses dévouées et savantes leçons sur les hémodiagnostics.

VARIÉTÉS

I

LA NOUVELLE ARTILLERIE DE CAMPAGNE

L'étude et l'adoption d'un nouveau matériel de campagne sont partout à l'ordre du jour. Des expériences comparatives se sont faites entre autres au polygone de Brasschaet, où divers établissements ont présenté leur modèle de bouches à feu.

Les progrès de la métallurgie et l'invention de la poudre sans fumée ayant ouvert aux constructeurs et aux tacticiens des horizons nouveaux, nous nous proposons de donner un court aperçu de la situation actuelle à ceux que n'intéresse pas la lecture des revues spéciales.

L'artillerie de campagne nouvelle est dite *à tir rapide.* Les tentatives des techniciens pour augmenter la rapidité du tir avaient échoué devant l'impossibilité de chasser le nuage de fumée qui, après chaque coup, s'élevait devant la bouche de la pièce et empêchait une nouvelle visée. Tous leurs succès et leurs perfectionnements dans l'art métallurgique devaient se traduire momentanément par un tir accéléré.

La chimie, heureusement, n'avait pas dit son dernier mot, et l'invention de la poudre dite *sans fumée* devait renverser le dernier obstacle sérieux qui s'était opposé au perfectionnement des bouches à feu. Du jour où elle fut connue, le problème à résoudre devint le suivant :

" Trouver un système d'artillerie de campagne, très mobile, à tir rapide et efficace, offrant aux servants pendant le combat, une protection suffisante contre les coups de l'adversaire. „

Nous examinerons successivement chacune des conditions requises, nous verrons qu'elles en entraînent d'autres qui sont

souvent contradictoires: la solution la meilleure sera celle qui conciliera le plus judicieusement celles-ci.

La mobilité est une qualité essentielle de l'artillerie de campagne. Une batterie est d'autant plus mobile et plus maniable que ses voitures sont moins nombreuses et plus légères ou que les attelages en sont plus puissants. Les éléments du combat, c'est-à-dire les voitures-pièces et les caissons à munitions doivent en tous cas pouvoir se porter à une allure rapide sur tous les terrains praticables.

Est-il possible de faire varier le nombre des voitures d'une batterie d'artillerie ?

Diminuer celui des pièces est chose possible, grâce à l'augmentation de vitesse du tir, au lieu de six canons il n'y en aura plus que quatre (1). Modifier le poids de la pièce ne peut se faire d'une façon quelconque: toute augmentation pèche contre la mobilité, toute diminution contre la puissance de la bouche à feu puisque cela implique une réduction de calibre. D'autre part, on ne doit pas s'imaginer que la force d'un attelage augmente indéfiniment avec le nombre des chevaux, ou leur soit proportionnelle : l'effort total diffère de la somme des efforts composants en ce que ceux-ci ne sont jamais simultanés et sont, de plus, décomposés par suite de l'organisation des harnais.

Si nous avons recours aux données de l'expérience, nous apprenons que $2p$ étant le poids que peut tirer normalement un attelage de deux chevaux, $4p \times \frac{8}{9}$; $6p \times \frac{7}{9}$; $8p \times \frac{6}{9}$ sont les poids que peuvent tirer respectivement des attelages de 4, 6 ou 8 chevaux.

Le maximum d'effort que l'on doit exiger des chevaux d'artillerie étant d'environ 422 kgr., l'attelage de six, reconnu le meilleur, pourra donc traîner un poids de 1969 kgr., les servants y compris. (A titre de renseignement : la pièce du nouveau matériel français, équipée avec avant-train et 3 hommes assis, pèse 1984 kgr.; le chiffre que nous avons donné se trouve donc un peu dépassé.)

Faut-il dire que ce poids de 1969 kgr. ne peut être réparti entre les deux trains d'une façon quelconque? On s'en rend compte en imaginant ce qui arriverait si, par exemple, la pièce seule était pesante et si le sol où l'on manœuvrait était meuble.

(1) On faisait usage de six canons afin que la première pièce fût de nouveau prête à tirer quand la dernière avait fait feu.

L'avant-train contenant d'ailleurs des objets de rechange et des munitions, on ne peut songer à en réduire l'importance : tout au plus parvient-on, par une adroite distribution intérieure, à en diminuer le poids mort.

La pièce en elle-même se compose essentiellement de la bouche à feu et de l'affût ; éventuellement d'un bouclier. Le poids de la bouche à feu va dépendre de la conception tactique que le constructeur se fait de l'emploi du nouveau matériel sur le champ de bataille : ses déductions l'entraînent-elles à augmenter le nombre de ses projectiles, quitte à sacrifier leur effet individuel, il réduira le calibre et partant le poids, toutes choses égales d'ailleurs; le portent-elles au contraire à augmenter la puissance des pièces, c'est la solution contraire qu'il fera prévaloir.

Le poids de l'affût peut être certainement diminué par l'adoption du système réticulaire (1) ; celui du bouclier sera relativement considérable (2) si l'on veut que celui-ci soit complet et rende par conséquent inutile pour les servants l'emploi de casques en acier à l'épreuve de la balle. En tous cas le poids total de 1100 kgr. (celui de la pièce française) est plutôt considéré comme limite maximum.

En ce qui concerne les caissons à munitions faisant partie de la batterie de combat, c'est-à-dire escortant les pièces, les considérations et les conclusions relatives au poids et à sa répartition entre l'avant- et l'arrière-train peuvent se calquer sur celles de la voiture-pièce, mais il en est autrement lorsqu'il s'agit de leur nombre. Il est, en effet, une conséquence certaine de l'augmentation de rapidité du tir : c'est l'emploi d'une quantité plus considérable de munitions. En admettant que dans une bataille prochaine les circonstances favorables au tir soient les mêmes que par le passé, les batteries ne lanceront plus seulement six ou sept projectiles à la minute, mais de véritables rafales (le mot a même été adopté dans les règlements français) viendront

(1) Les points de l'affût où se produisent les efforts sont : 1° Le point d'appui des tourillons A ; 2° le point d'appui sur l'essieu des roues B ; 3° le point d'appui de la crosse sur le sol C. — C'est au moment où la pièce fait feu que les efforts sont le plus grands, puisqu'à la pesanteur s'ajoute l'action des gaz. Formons le triangle ABC au moyen de trois barres. On conçoit que les effets produits en A, B et C ont pour conséquence d'agir sur les barres soit pour les comprimer, soit pour les allonger. Le calcul permet de trouver les dimensions et la forme des barres résistant à ces efforts avec le minimum de métal, partant de poids.

(2) Environ 150 kgr.

s'abattre sur l'ennemi, chaque pièce étant capable de tirer, dans le même laps de temps, de quinze à vingt coups, voire davantage dans les moments critiques...

Les colonnes de munitions marchant à la suite des troupes pourvoient au remplacement de celles-ci ; supposons-en le service parfaitement organisé, pourra-t-on s'appuyer uniquement sur elles et s'exposer, malgré l'importance que peut acquérir le tir pendant un temps très restreint, à être momentanément à court de munitions ?

Non certes, et c'est pourquoi la proportion de celles-ci dans les batteries doit être considérablement augmentée. Dès lors, si on ne veut pas diminuer le calibre de 7,5 cm. admis généralement à l'heure actuelle, le nombre des caissons sera augmenté; c'est ainsi qu'en France les batteries de la nouvelle artillerie sont de quatre pièces et de douze caissons, tandis que chez nous elles sont de six pièces et neuf caissons, et en Allemagne de six pièces et six caissons.

Par contre, si l'idée présentée par le général Von Reichenau trouvait son application, le nombre des caissons ne serait pas augmenté à égalité du nombre des projectiles. Cet officier est en effet partisan des petits calibres, disant que l'observation du point de chute du projectile au moyen du nuage de fumée qui se forme au point d'éclatement, ne sera pas rendue plus difficile qu'elle n'est actuellement, si l'organisation des projectiles est bien comprise et si l'on fait usage d'une poudre suffisamment fumigène. Une pièce de cinq centimètres, construite d'après des données balistiques spéciales, a été expérimentée avec succès.

Voilà, résumées, quelques considérations sur la mobilité de l'artillerie nouvelle; examinons maintenant la question du tir rapide proprement dit. Pour obtenir un tir rapide, il faut que les opérations de chargement et de mise à feu puissent se faire rapidement ; pour que le résultat soit efficace, il faut, de plus, que dans la suite du tir l'axe de la bouche à feu reste parallèle à la direction que lui a donnée le pointeur, sans nécessiter une nouvelle visée, sinon il n'y aurait aucune précision : tout déplacement de l'axe de la bouche à feu parallèlement à la direction primitive aura en effet pour conséquence un déplacement égal du point de chute, par conséquent peu appréciable; mais si, par suite du tir, l'axe prend une nouvelle direction différente de la précédente, soit par redressement soit par abaissement, soit par une inclinaison latérale provenant d'ornières inégales, le tir rapide n'est plus possible parce qu'il cesse d'être juste.

Telles sont les conditions de construction ; il en est d'autres qu'on pourrait appeler conditions *tactiques,* mais elles n'entrent pas dans le cadre de cette note et nous ne nous en occupons pas.

Simplifier le chargement et la mise à feu, c'est supprimer une ou plusieurs opérations ou en faciliter d'autres de manière à gagner du temps. Actuellement encore on opère généralement comme suit : un servant ouvre la culasse en agissant sur l'appareil de fermeture de la bouche à feu ; un autre introduit le projectile, le refoule vers la volée de la pièce puis introduit la charge. Le premier ferme la culasse. Une étoupille (qui n'est que l'équivalent de l'amorce du fusil) est vissée. Pendant ce temps, l'inclinaison et la direction convenables sont données par d'autres servants ; cela fait, les hommes se jettent hors la voie des roues et alors, seulement, on peut tirer.

Avec la pièce nouvelle il n'en sera plus de même : perfectionnement de l'appareil de fermeture basé sur un principe autre que celui des bouches à feu actuelles ; adoption d'une cartouche du même type que celle du fusil de guerre, avec douille, charge, amorce et projectile faisant pièce ; extraction automatique de la douille vide en même temps qu'on agit sur l'appareil de fermeture ; enfin, suppression ou diminution du recul de la pièce au départ du projectile, telles sont les modifications présentées pour simplifier les opérations de chargement et de mise à feu. Dès lors, la manœuvre consiste à ouvrir l'appareil de fermeture, à introduire la cartouche et à fermer l'appareil. Cette manœuvre très rapide ne demande que deux secondes.

La cartouche présente quelques inconvénients parmi lesquels le poids mort des douilles, et l'amoncellement de celles-ci sur le terrain de la lutte, après un tir un peu prolongé.

Certaines firmes ont seulement diminué le recul de la pièce ; tel est le système connu de ceux qui ont assisté aux tirs de guerre effectués pendant les périodes d'exercice au polygone de Brasschaet, par la batterie Nordenfelt Cockerill, du troisième régiment d'artillerie. Ce système est dit *à affût rigide.* On voit à chaque coup la pièce se dresser puis, retombant, venir reprendre sa position primitive sans nécessiter de manœuvre à bras d'homme. Ce système a ses partisans, mais en petit nombre actuellement ; il semble en effet que la résultante des pressions de gaz n'étant pas toujours dans le plan médian de la pièce normalement disposée, puisque la bouche à feu peut tourner de quelques degrés à droite et à gauche sur son tourillon unique

et vertical, la réaction sera dissymétrique et que, rapidement, une des roues retombant avec une force plus grande creusera plus profondément une ornière que l'autre, d'où rotation intempestive de l'axe de la bouche à feu et nécessité de procéder souvent à un nouveau pointage. Cet inconvénient, disent les officiers attachés à cette batterie, ne serait pas cependant si marqué qu'on pourrait le supposer d'abord en voyant les pièces se cabrer.

D'autres firmes ont supprimé tout recul de l'affût (1). Celui-ci est fixé en quelque sorte au moyen de bêches enfoncées en terre et de freins de roues spéciaux. Le canon recule sur l'affût ; une partie de sa force vive est absorbée par un frein de recul, une autre par un frein récupérateur, c'est-à-dire par un frein capable de restituer, à la fin du recul, l'énergie accumulée pendant celui-ci. Par ce moyen la bouche à feu revient automatiquement en batterie. Le premier peut être un liquide glycéré incompressible, il est violemment chassé de son réservoir par des ouvertures constantes et graduellement diminuées ; le second peut être un jeu de ressorts ou un gaz compressible qui reprendra son état normal sitôt que les forces extérieures seront absorbées. Cette conception présente une foule d'avantages : les servants restent assis sur l'affût pendant le tir; les roues, immobilisées, creusent moins facilement des ornières ; l'existence de freins de recul et récupérateur entraîne l'amortissement de l'effort des gaz sur les autres pièces et les maltraite moins. Par contre, le frein est un organe délicat et sa mise hors de service entraîne celle de la pièce.

Se protéger est plus qu'une idée ancienne : c'est un instinct qui se manifeste de mille façons. Les yeux se ferment naturellement dès qu'un danger les menace ; les bras se jettent en avant si, par suite d'un faux pas, on est sur le point de tomber. La fuite elle-même est un moyen de protection auquel on a souvent recours ; il n'est donc pas étonnant qu'à ces actes irréfléchis viennent s'en ajouter d'autres qui sont voulus.

Les découvertes archéologiques qui ont permis de reconstituer l'existence des tribus préhistoriques ont démontré que, dès les temps les plus reculés, les hommes ont cherché des moyens de protection soit dans les accidents du sol, soit dans leur armement même.

(1) Cockerill même a présenté au concours une pièce de ce type, tout en maintenant son type à affût rigide.

De l'emploi du sol naquit l'art de la fortification. La défense y puisa des éléments de supériorité ; pour rétablir l'équilibre, l'assaillant se vit obligé de recourir à des moyens d'attaque nouveaux ; et comme à sa condition spéciale d'envahisseur se liait la nécessité d'être mobile, il inventa des organes de protection transportables. Partis du pied des fortifications, ces organes se transformèrent, s'allégèrent et firent leur apparition dans les luttes en campagne : d'où les boucliers et plus tard des armures métalliques, si pesantes à certaines époques que les charges de cavalerie ne purent se faire qu'au pas !

Les temps ont passé, la poudre a parlé ; ces vieux châteaux-forts qui semblaient narguer les siècles se sont effrités sous le plomb des balles, les guerres de forteresse sont devenues des exceptions, des épisodes ; à mesure que le réseau des routes s'est étendu, les armées, sans cesse accrues, sont devenues plus manœuvrières, plus rapides ; partant, les armures progressivement allégées ont disparu complètement ; seule, la nature humaine n'a pas changé : les besoins n'ont fait que se transformer.

De nos jours, le défenseur d'un fort s'abrite sous plusieurs mètres de béton ; il protège ses tireurs par des coupoles métalliques ; le marin se sert de navires géants, coûtant 25 ou 30 millions de francs, ceints de cuirasses dont l'épaisseur a déjà dépassé 60 cm. ; le tacticien s'évertue à trouver le meilleur emploi des abris et du couvert ; en résumé, jamais, autant qu'aujourd'hui, on n'a été tourmenté par le souci de s'assurer, au détriment de l'ennemi, les avantages de la protection.

Il semble donc assez naturel que toutes les recherches tendent à faire acquérir ces mêmes avantages à l'artillerie de campagne ; aussi est-il admis depuis longtemps qu'on cherchera à utiliser le terrain chaque fois que la chose sera possible ; de plus, et si toutefois le temps ne fait pas défaut, on créera des terrassements et on appropriera des matériaux de fortune. Mais ces moyens ont le grave défaut d'être incertains ; du reste, aura-t-on souvent le temps d'élever ces retranchements dont il est permis de discuter la valeur sous l'éclat meurtrier du shrapnel ? Quelle sera la protection de la batterie au moment où les phases de la bataille l'obligeront à se porter en avant et à venir se placer dans de nouvelles positions qu'elle n'aura pas eu le temps de faire reconnaître, à des portées de plus en plus efficaces pour la balle du fantassin ennemi ?

La nouvelle artillerie doit transformer cet état de choses ; du

moment où l'affût peut être rivé au sol, rien n'empêche d'imaginer un bouclier métallique, mettant les servants à l'abri des balles du fusil et des éclats de projectiles. C'est une innovation. Mais si indispensable qu'elle paraisse, elle ne rencontre pas des partisans unanimes. Ses conséquences ont une telle portée, qu'un grand nombre de ceux qui en ont pesé les avantages et les inconvénients se prononcent pour son rejet. Les partisans du principe, eux-mêmes, ne sont pas d'accord sur son mode d'exécution : les uns, voulant une protection complète, fût-ce au détriment de la puissance de la bouche à feu, c'est-à-dire au prix de la réduction du calibre, admettent une solution radicale; les autres, ne voulant à aucun prix diminuer les avantages du feu, se contentent d'une demi-solution.

Citons encore, mais pour mémoire, une proposition dite " des coupoles transportables „ de Schumann. Les difficultés de transport en sont telles qu'il faut abandonner toute idée d'exécution pratique. L'adjonction d'un bouclier, même complet, à la pièce, n'assure pas une protection efficace à tous les servants. Rappelons que les munitions devant être puisées dans les caissons, les canonniers dans les attributions desquels rentre le transport des charges et des projectiles, ne peuvent remplir leurs fonctions qu'en s'exposant aux coups de l'adversaire : il y a donc à faire davantage.

Si les servants continuent le transport, il faut diminuer les distances qu'ils ont à parcourir; d'autre part, le caisson placé en arrière de la ligne de feu est exposé aux atteintes des projectiles, il faut donc l'avancer; on pourrait peut-être même le juxtaposer à la pièce. De cette idée à celle de le blinder également il n'y a qu'un pas. Enfin, pour réduire encore les chances d'être atteint, il semble possible de trouver un dispositif permettant de faire passer les munitions des caissons aux pièces sans obliger les canonniers à se découvrir et sans augmenter beaucoup le poids des transports. Cette solution radicale par un blindage complet entraîne des conséquences immédiates et peut-être des inconvénients.

La cuirasse, épaisse de 3 mm., est à l'épreuve de la balle et des éclats. C'est donc la condamnation absolue, dans les luttes d'artillerie contre artillerie, des shrapnels, projectiles qui, comme on le sait, éclatent dans l'air en lançant les balles qu'ils contiennent, suivant des trajectoires dont la gerbe peut être comparée à l'ensemble des veines liquides s'échappant d'un arrosoir. Voilà donc le shrapnel proscrit des luttes d'artillerie

alors qu'il a toujours sa raison d'être dans les luttes d'infanterie, celle-ci se composant de petits éléments très disséminés. C'est donc aussi la réintroduction de la dualité dans les projectiles.

Les obus, pour avoir un effet utile, devront arriver de plein fouet sur le but; de là, nécessité d'un réglage plus minutieux, d'une consommation plus considérable de munitions, chaque pièce, chaque caisson de la ligne de feu devant être l'objet d'un réglage spécial.

Par contre, l'effet d'un seul projectile atteignant un caisson et provoquant son explosion sera terrible, surtout si le règlement prescrit de placer un caisson entre deux pièces.

Grâce au blindage complet, la lutte contre l'infanterie se présentera sous une nouvelle face. De nos jours encore, une poignée d'hommes habilement dissimulés peut mettre une batterie hors de combat avant que celle-ci ait pu se rendre compte du danger. Il n'en sera plus de même avec les boucliers : l'artillerie pourra combattre avantageusement l'infanterie même aux petites distances ; plus d'énervement, plus de surexcitation, si funestes au tir ; les servants se sachant à l'abri tireront avec calme, et les chances de succès seront grandes pour eux. Bien plus : alors que certaines batteries, ancrées dans le sol, surveilleront tout le champ de bataille, d'autres se jetant hardiment en avant, accompagneront les lignes de tirailleurs et viendront braver les troupes ennemies près de leurs retranchements.

On reproche au bouclier de mettre les objectifs trop en évidence. Remarquons toutefois qu'aux distances où se livre le duel d'artillerie ou prélude de la bataille, une batterie judicieusement installée est toujours peu visible et que, de plus, nous dissimulons les mouvements du personnel. On parle également de l'effet moral : on ne pourra pas, dit-on, forcer le pointeur à quitter son abri pour placer sa tête dans une zone dangereuse. Ce reproche n'est pas absolument sans valeur : l'histoire de la guerre du Transvaal en donne la preuve. Une fois arrivé à bonne portée du fusil ennemi, le fantassin anglais se couchait derrière un abri que rien ne pouvait lui faire abandonner ; on le voyait attendre, parfois pendant neuf heures consécutives, qu'un mouvement tournant exécuté par d'autres troupes fût achevé (1).

(1) Le 28 novembre 1899, par exemple, à la bataille de Modderriver, vers huit heures, les tirailleurs boers commencent le feu à 600 mètres sur l'aile droite assaillante. En front, les deux bataillons anglais chargés de l'attaque sont arrêtés à 1000 mètres. Après s'être creusé, à l'aide de

N'oublions pas, toutefois, de prendre en considération la précision du tir des Boers que les envahisseurs apprirent à leurs dépens ; nos soldats européens n'atteindront jamais ce degré de perfection.

Le poids du canon blindé arrête ceux qui ne sont pas hostiles, en principe, à l'adoption du bouclier, mais qui se refusent à diminuer le calibre de 7,5 cm. Aussi, à côté de la solution radicale du général Von Reichenau, en existe-t-il d'autres, telles que celle du matériel français par exemple. Le général Von Reichenau veut un bouclier complet, protégeant les servants non seulement des coups directs, mais encore des coups d'écharpe ; la surcharge résultant de ce système est de 150 kilogrammes, poids qui n'est pas trop élevé si l'on veut se rappeler que le général est partisan des calibres réduits. Quant au matériel français, il est déjà en usage depuis quelques années et des batteries ont été, comme on le sait, expérimentées pratiquement dans des expéditions coloniales. " Le service de la pièce y est assuré par deux canonniers assis sur l'affût. Ces deux canonniers sont protégés à droite et à gauche par un bouclier en tôle d'acier capable de résister à une balle en plomb de 15 grammes, recouverte de maillechort et animée d'une vitesse de 600 mètres. Les conducteurs du caisson dirigent leur attelage de manière à amener l'arrière-train à hauteur de l'affût et roue à roue. Le coffre d'arrière-train peut pivoter autour de l'essieu de manière à venir reposer sur le sol par sa face arrière. Sa face inférieure, c'est-à-dire celle qui est dirigée vers l'ennemi pendant le tir, est revêtue d'une plaque en tôle d'acier, analogue à celle des boucliers, qui résiste, paraît-il, à la balle du fusil Lebel à 50 mètres. Les deux voitures juxtaposées sont construites solidement et organisées de façon à former, sur une longueur d'environ 5 mètres, une masse couvrante derrière laquelle, non seulement les canonniers, mais encore les sous-officiers et les lieutenants trouvent une sécurité à peu près complète, surtout s'ils sont coiffés d'un " pot en tête ", c'est-à-dire d'une sorte de casque en acier chromé, à l'épreuve de la balle, destiné à garantir les seules parties qui, au moins pour les gradés, restent quelque peu exposées (1). "

leurs baïonnettes, des trous de tirailleurs, les hommes se couchent et s'y blottissent : la bataille ne devait cesser qu'à dix-neuf heures par la retraite de l'ennemi dont la droite avait été refoulée par la gauche anglaise.

(1) BULLETIN DE LA PRESSE ET BIBLIOGRAPHIE MILITAIRES.

Le commandant qui est l'homme le plus important de la batterie doit se trouver dans un abri spécial, pendant le tir. En France, un caisson se place sur la ligne, à droite de la batterie de tir proprement dite, et sert d'abri au capitaine. Le général Von Reichenau préconise un observatoire blindé, très transportable, dit-il, et permettant de conduire le tir de l'endroit le plus propice.

Nous avons essayé de donner une idée, très générale, de l'évolution qui se prépare ; ingénieurs et artilleurs n'ont certainement pas fini de nous étonner par leurs conceptions nouvelles ; mais nul ne contestera qu'en temps de guerre il faut toujours être prêt si on veut s'assurer l'avantage.

Tout perfectionnement en appelle un autre ; aussi le succès est-il assuré à celui qui n'attend pas la fin d'une évolution pour y prendre part, et qui sait faire intelligemment des sacrifices pour se tenir en tête du progrès.

En Belgique, particulièrement, de même que, pour faire respecter notre neutralité par nos puissants voisins, une armée solide et bien aguerrie nous est indispensable, ainsi nous avons besoin d'un armement au moins égal à celui de l'adversaire éventuel.

C'est ce que nous avons compris : les expériences menées régulièrement au polygone de Brasschaet, afin de déterminer la nouvelle pièce destinée à notre belle artillerie de campagne, en font preuve.

Élisée Julens.

II

LA GÉOGRAPHIE DU SPITSBERG

Le Spitsberg, découvert en 1596 par Willem Barents, doit son nom aux montagnes aiguës (Spits-Bergen) qui frappèrent les regards du navigateur hollandais. " La terre estoit la plus part rompue, bien hault, et non autre que monts et montagnes agues, parquoy l'appellions Spitsbergen. „ Ainsi s'exprime le journal " escrit de la main prospre de Guillaume Bernard „. Ce Guillaume Bernard, dont M. Élisée Reclus, par une amusante confu-

sion, fait un compagnon de Willem Barents, n'est autre que le grand navigateur lui-même, le nom de Willem, en hollandais, correspondant à Guillaume, et celui de Barents à Bernard. C'est sous les noms de Guillaume Bernard que Hessel Gerrits désigne Willem Barents dans son *Histoire du pays nommé Spitsberghe*, et c'est ce qui a dû causer la méprise dans laquelle a versé M. Élisée Reclus.

De même que Colomb, lors de la découverte de l'Amérique, crut aborder aux Indes, de même Barents, lorsqu'il découvrit le Spitsberg, s'imagina que ces terres n'étaient que le prolongement oriental du Groenland. On croyait, à cette époque, que le Groenland formait un vaste continent polaire qui s'étendait jusqu'au nord de l'Asie, et les légendes le désignaient sous le nom de Trollboten ou " pays des sorciers ". Voilà pourquoi le Spitsberg fut mentionné pendant longtemps sur les cartes sous la dénomination de Groenland, erreur qui subsista jusqu'au temps de Scoresby, qui appelle l'archipel " Spitzberg ou Groenland oriental ". Cette erreur n'aurait pu prendre naissance si, comme on l'a supposé à tort, Barents avait accompli la circumnavigation de l'archipel.

La plus ancienne carte du Spitsberg, qui date de 1598, et qui semble être l'œuvre posthume de Barents, contient une autre erreur singulière. La côte occidentale de l'île, qui suit, presque en droite ligne, une direction nord-ouest, est représentée comme formant un angle droit au-dessus de l'île du Prince Charles, en sorte que la portion du littoral située au delà de cette île diverge vers l'est-nord-est au lieu de poursuivre la direction ouest-nord-ouest. Cette erreur prit naissance on ne sait comment, peut-être à la suite d'une de ces confusions que les copistes commettaient fréquemment entre l'est et l'ouest. Le fait est qu'elle eut une étonnante persistance : on la retrouve sur toutes les vieilles cartes, même dans l'atlas de Mercator (1).

Quand on eut enfin reconnu que l'archipel polaire ne se rattachait point au Groenland, on lui donna le nom de Nieuland (Terre-Neuve) ; les Anglais lui donnèrent le nom de leur roi Jacques Ier, King James Newland ; finalement on lui restitua le nom primitif de Spitsberg.

Les mêmes variations se produisirent dans les noms de lieux ; chaque nation voulut substituer sa nomenclature à celle des

(1) *The cartography of Spitsbergen*, by sir Martin Conway (Geogr. Journal, 1903, I, 636).

premiers navigateurs, en sorte que des mots français, anglais, danois, suédois vinrent remplacer les premières appellations appliquées par les Hollandais aux localités qu'ils avaient découvertes. C'est ainsi que les Anglais donnèrent le nom de Bell Sound à la baie nommée " Inwijck „ par les premiers navigateurs, et " Baije des Franchoys „ par les Basques de Saint-Jean-de-Luz (1). Le " Schoonhaven „ (Beau Port) des Hollandais devint la " Baie de la Recherche „ depuis l'expédition française de Martins (2). Les cartes du Spitsberg offrent ainsi une déplorable confusion, à laquelle on ne remédiera qu'en restituant à chaque localité sa désignation primitive, comme on l'a fait pour tout l'archipel. Ce sera plus équitable que la prétention excessive du président de la Société de géographie de Londres qui, alléguant que les Anglais ont établi la carte de la plus grande partie du Spitsberg, ne voudrait rien moins qu'exclure toute autre nomenclature que celle des Anglais, ne daignant faire grâce que pour les noms donnés par Barents (3).

Les terres découvertes par Barents forment un vaste ensemble d'îles et d'îlots s'étendant sur une longueur de quatre cents kilomètres, du 76e au 80e degré de latitude, en sorte que la pointe sud se trouve à environ cent lieues marines de l'extrémité septentrionale de l'Europe, et que les dernières terres se trouvent à moins de deux cents lieues du pôle. A défaut de données certaines, on a évalué fort diversement la superficie du groupe. La plus grande île, celle qu'on désigne sous le nom de Spitsberg occidental, a une longueur d'environ quatre cents kilomètres de la pointe nord à la pointe sud, et une surface qu'on évalue à 39 260 kilomètres carrés : c'est, à peu de chose près, le territoire de la Suisse. On estime à 64 290 kilomètres carrés l'étendue de tout l'archipel, à peu près le territoire de la Grèce avec ses îles, ou le huitième du territoire de la France (4).

Bien que situé sous une latitude extrême, le Spitsberg a l'avantage, sur les autres terres voisines du pôle, d'être dégagé des glaces du côté de l'ouest pendant deux ou trois mois de l'année. On chercherait vainement dans la région circumpolaire une autre contrée jouissant de ce privilège. Toutes les terres situées sous le même parallèle sont enfermées dans les glaces, à des centaines de lieues de la mer libre ; partout ailleurs, à

(1) Hessel Gerrits, *Histoire du pays nommé Spitsberghe*, 1612.
(2) *Voyage en Scandinavie et au Spitzberg de la corvette* La Recherche.
(3) Markham (Journal of the R. Geogr. Soc., 1873).
(4) Élisée Reclus, *Nouvelle géographie universelle.*

pareille latitude, on se trouverait dans des déserts inaccessibles. C'est à raison de sa facilité d'accès et de sa grande proximité du pôle que le Spitsberg fut le point de départ de la malheureuse expédition d'Andrée lorsqu'il tenta de gagner en ballon l'extrémité de l'axe de la terre. L'île des Danois, où il fit ses préparatifs, est située près du 80e degré, latitude que Nansen ne put atteindre sur le *Fram* qu'après avoir été bloqué six mois dans la banquise où il n'avançait que de deux mètres par minute ! En certaines années, la mer libre s'étend même bien au delà de l'extrémité septentrionale du Spitsberg : c'est ainsi qu'en juillet 1896, le capitaine Bade ne rencontra la banquise qu'au 81e degré 37 minutes, en sorte que de simples touristes purent avoir cette bonne fortune de s'approcher plus près du pôle que ne l'ont fait maintes expéditions polaires parfaitement outillées.

Le Spitsberg est donc, de toutes les terres qu'on rencontre sur la route du pôle, celle qui est le plus facilement abordable. Ce phénomène est dû principalement au voisinage des eaux tièdes du Gulf-Stream qui, après avoir doublé la dernière pointe de l'Europe, se dispersent dans l'Océan Glacial et vont se perdre dans les parages de l'île des Ours, où elles s'évaporent sous la forme de brouillards au contact des courants froids venus du pôle, en sorte que cette île est presque toujours enveloppée d'un voile de brume. Une autre cause du privilège, dont jouit la côte occidentale du Spitsberg, d'être accessible en été, est le régime des vents qui, dans ces parages, soufflent généralement du sud au printemps. Enfin, si l'on considère que la mer n'est pas, comme la terre, conductrice du froid, l'on comprend que la douceur relative de la température de cette région est due aussi à l'absence de toute terre dans les parages qui s'étendent du Spitsberg au pôle. La côte ouest est, toutefois, seule favorisée de ce privilège exceptionnel ; la côte orientale, qui ne reçoit ni les tièdes émanations du Gulf-Stream ni l'haleine des vents du sud-ouest, est bloquée par les glaces pendant toute l'année ; quant à la côte nord, elle est ordinairement accessible par l'ouest, mais les vents du nord y sont redoutés des navigateurs, parce qu'ils y accumulent des glaçons qui bloquent parfois leurs vaisseaux au cœur de l'été, jusqu'à ce qu'un changement de vent vienne les dégager.

Les deux courants océaniques dont l'archipel ressent les effets coulent dans des directions opposées. Le courant polaire l'aborde de l'est, après avoir baigné la côte de Sibérie, et y arrive chargé de grandes moissons de bois flotté des rivières asiatiques. C'est

donc sur les rivages nord-est et est de l'archipel que viennent échouer la plupart des arbres sibériens (1).

En dépit des conditions climatologiques spéciales dont jouit le Spitsberg, on conçoit qu'une terre aussi proche du pôle n'en a pas moins tous les aspects d'une terre polaire : c'est un vaste groupe de cimes glacées d'où descendent jusqu'à la mer une infinité de fleuves gelés dont les plus vastes glaciers des Alpes peuvent à peine donner une idée. Les glaciers géants du fameux massif de Moustagh, dans l'Himalaya, fleuves de glace dont la longueur dépasse cinquante kilomètres, peuvent seuls rivaliser avec ces glaciers polaires du Spitsberg et du Groenland, alimentés par les formidables apports neigeux que déposent les vents froids qui soufflent autour du pôle.

Quand Ingolf découvrit, il y a quelque mille ans, l'Islande à laquelle il donna le nom de Terre de Glace, il n'y trouva aucun être humain, pas même des Esquimaux. Le Spitsberg était, de même, inhabité, lorsque Barents y aborda. Mais l'Islande ne tarda pas à être colonisée par des Norwégiens, tandis que le Spitsberg est demeuré désert depuis sa découverte. C'est, mieux que l'Islande, une terre de glace, encore en pleine phase glaciaire et pouvant donner une idée de ce qu'étaient nos contrées lorsqu'elles traversaient cette même phase. Le pays est inhabité et inhabitable : le bétail n'y saurait subsister, à cause de l'absence de pâturages ; le renne sauvage est le seul ruminant qui puisse y vivre, la nature l'ayant pourvu d'une sorte de pelle située à la partie inférieure de son andouiller, à l'aide de laquelle il peut trouver dans la neige le lichen dont il se nourrit.

La faune est encore représentée par des renards bleus, dont la fourrure est très recherchée, et par des campagnols. Il n'y a ni reptiles ni insectes, et le lagopède hyperboréen est à peu près le seul oiseau qui ne soit point de passage. Sur les côtes abondent les phoques, et, dans le nord, les morses qui forment de redoutables troupeaux. L'ours blanc ne se trouve guère que sur le littoral oriental : c'est moins un habitant du pays qu'un nomade qui erre de rivage en rivage, porté par les glaces flottantes et faisant son principal aliment du lard des phoques, parce qu'il sait, comme les Esquimaux, que rien ne restaure mieux l'enveloppe graisseuse qui protège contre le froid les habitants des contrées arctiques. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'ours blanc s'aventure dans l'intérieur des terres où, en été,

(1) Markham (Journal of the R. Geogr. Soc., 1873).

il risquerait de mourir de faim ; toutefois, on le rencontre parfois à l'ouest, comme l'atteste la fin tragique du Dr Neumayer qui, en 1899, au cours d'une lutte avec un de ces terribles plantigrades, fut tué par le coup de fusil d'un de ses compagnons accouru à son aide. L'ours blanc est devenu rare au Spitsberg depuis la chasse acharnée que lui ont faite les pêcheurs norwégiens : ayant appris à ses dépens le danger de l'approche de l'homme, cet animal n'est d'ailleurs féroce que lorsqu'on le force à se défendre : loin d'attaquer l'homme, il s'enfuit à son approche : au témoignage de Nordenskjöld, il est aussi facile à tuer qu'un mouton.

La flore de la Nouvelle-Zemble est riche auprès de celle du Spitsberg. Tout ce qui pousse sur ce sol presque toujours gelé est rabougri, et ne sort de terre que timidement, à peine d'un ou deux pouces. Les seuls arbres qui s'offrent à la vue sont les bois flottés qu'on trouve sur quelques plages. La loi de Linnée sur la prédominance des cryptogames dans le Nord se vérifie pleinement au Spitsberg. La végétation n'y est guère représentée que par des mousses que gonfle l'humidité du sol, par des lichens dont on a compté plus de deux cents espèces, et par de petits champignons. Cette terre disgraciée ne porte qu'un très petit nombre de plantes phanérogames, et pas un seul arbrisseau, ce qui n'est point surprenant si l'on songe que l'hiver y dure neuf mois, avec une nuit polaire de cent vingt-quatre jours et une température qui descend jusqu'à 45° sous zéro. Pendant une période correspondante, du 20 avril au 22 août, le soleil reste constamment au-dessus de l'horizon ; mais sa hauteur ne dépasse jamais 37°, même dans le sud de l'archipel, et ses rayons obliques rasent la surface de la terre après avoir perdu presque toute leur chaleur à travers une énorme épaisseur d'atmosphère : c'est un soleil sans force, impuissant à ranimer la sève de la végétation. Au cœur de l'été, il y a des tempêtes de neige et d'épais brouillards, et la température est, en cette saison, celle de nos hivers, variant entre 10° au-dessus de zéro et 10° sous zéro. C'est une admirable loi de la nature que la végétation s'adapte, comme la faune, au milieu dans lequel elle vit. Aussi bien celle du Spitsberg se contente-t-elle de peu de chaleur et triomphe parfaitement des gelées qui partout ailleurs entraveraient son éclosion.

En dépit de ses rigueurs, le climat est extrêmement sain, et le Spitsberg serait une station d'été de premier ordre pour les poitrinaires et les anémiques. L'air y est pur et vivifiant, abso-

lument dépourvu de bactéries, et l'homme qu'on y abandonnerait dans la solitude du désert n'y saurait périr que de faim ou de froid. Tous les voyageurs ont remarqué qu'on y respire beaucoup plus librement que dans nos contrées méridionales. C'est un fait bien constaté que les maladies habituelles que contractent les matelots exposés à tous les changements de température y sont inconnues, et qu'ils peuvent même impunément, après un bain forcé, laisser sécher sur leur corps leurs habits mouillés. Si paradoxale que la chose puisse paraître, dans ce pays du froid les refroidissements ne sont point à craindre.

On connaissait depuis longtemps l'extraordinaire salubrité de l'atmosphère dans les régions polaires. Mais on n'avait pas encore expérimenté le fait d'une façon aussi concluante que ne le fit, en 1898, un savant bactériologiste attaché à l'expédition suédoise du professeur Nathorst. Ayant recueilli en divers endroits de l'archipel un total de 4400 gallons d'air atmosphérique qu'il filtra soigneusement, il n'y découvrit pas une seule bactérie. Il fit les mêmes investigations sur l'eau douce, sur la neige, sur la glace, sur l'eau de mer, et ne constata la présence que de quantités infinitésimales de bactéries. En examinant les intestins de différents animaux, il n'y trouva pour ainsi dire aucune trace de bactéries. Le corps des oiseaux en était absolument dépourvu (1).

C'est donc avec raison qu'on a pu dire que le climat du Spitsberg est, sinon l'un des plus agréables de la terre, du moins un des plus salubres. Nordenskjöld le recommande à un grand nombre de malades comme un excellent séjour d'été, et il prédit qu'un jour des hôtels pareils à ceux des sommets alpins seront érigés au bord des baies du Spitsberg (2).

Si l'on se demandait à quelle partie du monde doit se rattacher le Spitsberg, la question serait embarrassante. Bien que cet archipel semble n'être qu'un anneau séparé de la Norwège par une profonde dépression, on ne le compte point comme faisant partie de l'Europe : il se rattache plutôt à ce système de terres arctiques qui forme comme une sixième partie du monde et auquel on pourrait donner le nom de Nordalie, par opposition aux terres antarctiques auxquelles s'appliquerait beaucoup mieux

(1) Prof. Nathorst., *The Swedish Arctic Expedition of 1898* (Geogr. Journal, 1899, t. II, p. 155).

(2) Torell et Nordenskjöld (Mittheilungen von Petermann. III, 1872) ; Reclus.

la dénomination d'Australie qu'à la terre de ce nom. Les terres voisines des deux pôles constitueraient donc deux nouvelles parties du monde à ajouter aux cinq parties énumérées par les manuels classiques de géographie.

Mais quoi qu'il en soit, ces terres polaires forment un monde à part sur lequel l'homme n'exerce pas son empire. Et pourtant, elles ont excité des convoitises, ces solitudes désolées, tour à tour éclairées par un pâle soleil et plongées dans une nuit sans fin. Croirait-on que les Russes tentèrent, dès 1764, d'occuper officiellement le Spitsberg en créant un poste militaire dans la baie de la Cloche (1) ! Leur tentative échoua et ne fut plus renouvelée.

S'il fallait absolument rattacher l'archipel à l'Europe, on ne pourrait que l'attribuer à la péninsule scandinave dont il constitue une dépendance géographique et dont il n'est, au point de vue géologique, qu'un fragment détaché qui serait une image fidèle de la Norwège s'il était situé sous la même latitude.

Les richesses que cette terre peut contenir y attireront peut-être un jour des colons, comme les solitudes inhospitalières de l'Alaska ; mais les seuls êtres humains qui y aient hiverné jusqu'à présent sont des chasseurs d'ours et de morses et des naufragés rejetés en dehors du monde habité.

On cite pourtant une tentative de colonisation que firent, au XVIIIe siècle, des habitants des côtes de la Russie septentrionale et des bords de la mer Blanche. C'étaient des chasseurs de fourrures et des pêcheurs de baleines. Ils s'établirent à demeure, avec leurs familles, sur la côte occidentale du Spitsberg et dans le sud et l'ouest de l'île d'Edge. Au retour de la belle saison, des navires venaient régulièrement visiter ces trappeurs pour les ravitailler et emporter les produits de leurs chasses. On trouve aujourd'hui encore les vestiges de leurs habitations sur les côtes qu'ils occupèrent. La plus grande obscurité règne sur cet essai de colonisation, mais ce qui est certain, c'est qu'elle doit avoir débuté avant 1740, date de l'hivernage des quatre matelots russes dont les aventures ont fait l'objet du célèbre récit de Le Roy. Il semble toutefois que la tentative ne réussit guère, car en 1827, lors du voyage de Keilhau au Spitsberg, on n'y trouvait plus qu'un petit nombre de trappeurs envoyés par les moines du couvent de Solovietsky et par des marchands d'Arkangel. La

(1) *Les Russes au Spitsberg au XVIIIe siècle* (La Géographie, 1901, t. I, p. 75).

dernière expédition remonte à 1851-1852. Un savant suédois, M. Carlheim Gyllensköld, a recueilli tous les faits intéressants qu'il a pu réunir sur cette tentative de colonisation arctique, qui s'est poursuivie pendant plus d'un siècle et a dressé une carte de la distribution géographique des anciens établissements russes au Spitsberg (1).

Quoi qu'il en soit de cette ancienne colonie russe, le Spitsberg, cette terre dure à l'homme, que personne ne revendique aujourd'hui, ne tenterait pas même les aventuriers à la recherche d'une contrée disponible pour l'établissement d'une république collectiviste.

Mais, même inhabité, le Spitsberg n'est pas une terre inutile. Cet archipel du nord forme, en effet, avec l'archipel voisin, la terre François-Joseph, un vaste ensemble d'îles et d'îlots qui oppose à la marche des glaces polaires vers l'Europe une barrière qu'elles ne rencontrent pas dans la direction des autres continents. C'est à cette barrière que l'Europe doit d'être habitable jusqu'à des latitudes qui, en Asie et en Amérique, traversent d'immenses déserts glacés. Sans cette barrière, le nord de la France, la Belgique, la Hollande, l'Allemagne du Nord, les Iles Britanniques seraient affligés du climat du Labrador.

L'archipel polaire qui vaut à nos contrées l'avantage d'être habitables n'a d'ailleurs pas toujours été affligé du rigoureux climat qui en fait une contrée inhabitable. Les observations géologiques ont établi que le Spitsberg, de même que les autres terres polaires, a joui autrefois d'un climat très doux. Une végétation exubérante s'épanouissait aux âges préhistoriques dans ces contrées aujourd'hui désertes et nues. A une flore tropicale succéda une flore analogue à celle des régions tempérées : des fougères, des hêtres, des cyprès, des sequoias. L'histoire de cette grande métamorphose est écrite en caractères saisissants sur les roches qui ont conservé à travers les siècles les empreintes de cette antique végétation : véritable herbier fossile, suivant l'expression imagée de Nordenskjöld. On a même reconnu dans la grande île occidentale l'existence de gisements de charbon qui exciteraient peut-être un jour les compétitions des puissances coloniales, si les produits n'étaient de qualité trop médiocre et les filons de trop mince épaisseur pour rémunérer l'exploitation.

Les empreintes végétales que le Dr Otto Nordenskjöld vient de découvrir à son tour dans son héroïque hivernage à l'île

(1) Charles Rabot (Ibid.).

Seymour prouvent que le pôle sud a joui, tout comme le pôle nord, à une époque récente, d'un climat tempéré.

Nous qui nous vantons de nos progrès scientifiques et de notre brillante civilisation, que sommes-nous donc sur notre petite planète ? Au cours de notre éphémère existence terrestre, le monde où nous passons nous paraît stable et stationnaire ; mais au cours des siècles, que de modifications, que de variations profondes, dont une seule suffirait pour faire disparaître à jamais jusqu'au souvenir de notre époque fiévreuse, pour effacer jusqu'aux noms de Napoléon et d'Alexandre ! Si notre âme immortelle n'attendait une autre patrie, ce serait là une pensée si amère, si décourageante, qu'il ne nous resterait plus qu'à nous retirer dans la solitude, à nous mettre une pierre sous la tête, et à attendre, comme le bouddhiste, l'anéantissement final du nirvanah.

JULES LECLERCQ.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours d'Analyse professé a l'École Polytechnique par G. Humbert, Membre de l'Institut. — Tome II : *Compléments du calcul intégral. Fonctions analytiques et elliptiques. Équations différentielles.* Un vol. in-8° de 493 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

En analysant le Tome I de cet ouvrage (1), nous avons essayé de rendre l'impression que nous avait produite sa lecture et que le second volume vient non seulement de confirmer mais de rendre encore plus profonde. Nous n'hésiterons pas à la formuler ainsi : jamais livre plus savant et plus solide n'a été écrit avec une si élégante clarté sur les parties de l'analyse propres à intéresser les applications aux sciences physiques et aux branches diverses de l'art de l'Ingénieur.

Comme le dit excellemment l'auteur dans sa préface (et cette appréciation pourrait sans doute être étendue à maints établissements similaires de par le monde), " l'École Polytechnique n'est ni une école de pure théorie, ni une école de pure application. Elle ne cherche pas à former *directement* des savants ou des praticiens. Son but, nettement défini par ses fondateurs, est de donner à de futurs élèves-ingénieurs, militaires ou civils, une instruction scientifique étendue et solide, qui leur permette plus tard non seulement de diriger, mais de perfectionner les services publics auxquels ils seront attachés. „

L'enseignement de l'École ne doit donc ni s'étendre sur le côté trop subtil des théories envisagées à un point de vue purement abstrait, ni descendre à une simple description de procédés pra-

(1) Livraison d'avril 1903, p. 609.

tiques, à une présentation de formulaire avec manière de s'en servir. Rester rigoureux, dans l'acception scientifique de ce mot, sans cesser d'être simple, ne pas perdre de vue, dans l'exposé de la théorie, le but pratique vers lequel on doit tendre sans se laisser pourtant hypnotiser par lui, ouvrir d'autre part sur le domaine de la science pure des aperçus propres à élargir l'horizon général de l'esprit, sans céder à la tentation de faire " de l'art pour l'art ", exige à la fois une hauteur de vue, une sûreté d'érudition, une maîtrise d'exposition, des qualités d'élégance et des ressources d'invention dont il n'est donné que bien rarement d'admirer le parfait assemblage. Il faut donc le saluer chez M. Humbert où il s'affirme avec éclat aux yeux des critiques même les plus difficiles à satisfaire.

Plus encore que celles du Tome I, les matières traitées dans le Tome II ont permis à l'auteur de déployer ce rare talent. Le volume comprend trois parties bien distinctes que nous allons examiner successivement en nous efforçant de souligner au passage les points plus particulièrement marqués du cachet personnel de l'auteur.

Première partie : *Compléments du calcul intégral.*

Ch. I. Intégrales multiples. — Cette théorie est de celles dont les progrès contemporains de la physique, et plus particulièrement de l'électricité, ont accru l'importance. Elle est délicate et demande à être traitée avec rigueur. Cette rigueur est obtenue par l'auteur, grâce aux moyens les plus simples. Le procédé par lequel il établit la définition et démontre l'existence des intégrales multiples (pp. 7 à 12) est d'ailleurs calqué sur celui qui lui a servi, dans le Tome I, pour l'intégrale simple. L'importante question du changement de variables dans les intégrales multiples est développée avec un soin particulier, précisée par de nombreux exemples (pp. 28 à 47). La définition simple et intéressante des aires sur les surfaces (p. 47), fondée sur une représentation paramétrique établissant une correspondance univoque entre la surface et un plan, n'a peut-être pas encore été donnée.

Il faut noter aussi le soin avec lequel l'auteur effectue l'extension si délicate de la notion d'intégrale double ou triple au cas d'un champ infini ou d'une fonction discontinue, et, parmi les exemples auxquels il a recours, celui si curieux d'une intégrale de Cayley (p. 62) dont la valeur dépend de la forme de la région dont on fait croître indéfiniment les dimensions.

Ch. II. Intégrales de lignes et de surfaces. — Cette théorie,

qui se lie intimement à la précédente, intéresse non moins les applications physiques. Après en avoir solidement établi les principes fondamentaux, l'auteur démontre diverses formules classiques fort utiles pour la transformation des intégrales de lignes et de surfaces et qui sont dues à Riemann (ou à Green), à Ostrogradsky et à Stokes.

Ch. III. Applications diverses. — La règle d'intégration sous le signe $\int$, traitée par une ingénieuse méthode (p. 84), est appliquée au calcul d'intégrales définies classiques portant sur des fonctions dont la primitive ne s'exprime pas à l'aide des fonctions élémentaires, telles que celle de Fourier. L'élégance qui permet à M. Humbert de renouveler, en quelque sorte, l'intérêt de questions anciennement traitées s'affirme, de façon toute spéciale, dans la façon dont il présente la solution d'un problème d'Abel (p. 88) comprenant, comme cas particulier, la détermination des courbes tautochrones.

Ch. IV. Fonctions eulériennes. — A titre d'exemple intéressant de fonctions représentées par des intégrales définies, M. Humbert condense en quelques pages les propriétés essentielles des classiques fonctions eulériennes, que ne saurait ignorer quiconque possède une instruction de quelque étendue en analyse, et que l'auteur utilise notamment, d'après M. Hilbert, à la démonstration de la transcendance du nombre *e*.

Deuxième partie : *Fonctions d'une variable imaginaire. Fonctions elliptiques et applications.*

Cette deuxième partie touche à un domaine essentiel de l'analyse, dont on voit souvent méconnaître l'importance par des esprits mal informés chez qui le mot " imaginaire ", par opposition avec le mot " réel ", entretient de fâcheux préjugés. Nul ne conteste que la notion d'imaginaire n'ait été, dans le domaine de l'abstraction pure, l'occasion de développements dont se peut passer celui qui n'envisage l'analyse que sous le rapport de ses applications au *domaine réel*. Mais il s'en faut, lorsqu'on la limite à cette fin, que les services à elles rendus par la notion d'imaginaire, intervenant simplement comme moyen de démonstration plus sûr et plus rapide, soient négligeables. Se priver, uniquement par peur d'un mot, d'un des plus merveilleux outils d'investigation analytique dont nous ait dotés le génie de Cauchy, serait véritablement insensé. Il suffit d'ailleurs de lire attentivement l'admirable exposé de cette théorie que nous donne M. Humbert pour se convaincre non seulement qu'elle n'a rien de rebutant pour un esprit épris de réalité, mais encore qu'elle

n'est pas de nature à l'égarer hors des voies où il entend se maintenir en lui fournissant au contraire le moyen de les parcourir plus aisément.

Ch. I. Théorie des fonctions analytiques. — En se plaçant au point de vue de Cauchy et s'inspirant des travaux de Briot et Bouquet, l'auteur donne en quelques pages, avec un soin, une clarté et une rigueur qu'on ne saurait trop admirer, tous les principes essentiels de cette théorie capitale entre toutes. Il faudrait, pour faire pleinement goûter cet exposé aux spécialistes, le suivre, pour ainsi dire, pas à pas, tant seraient fréquentes les occasions de souligner la manière élégante et facile, encore bien que parfaitement rigoureuse, de l'auteur. Elle se rencontre, en particulier, dans la démonstration de certains théorèmes généraux sur les séries à termes analytiques (p. 129), donnés pour la première fois par M. Schwarz, et d'où résultent de notables simplifications dans nombre de démonstrations ultérieures. Elle s'affirme surtout dans les applications du développement de Taylor aux fonctions méromorphes (pp. 142 à 150), la démonstration des théorèmes généraux sur les fonctions uniformes présentés ici avec une rare simplicité, et, plus particulièrement, du beau théorème de M. Mittag-Leffler sur le développement d'une fonction méromorphe dans tout le plan (p. 155). On remarquera que, contrairement à l'ordre historique, M. Humbert déduit ici le célèbre théorème de Weierstrass sur la décomposition en produit d'une fonction holomorphe de celui de Mittag-Leffler, ce qui a l'avantage de rendre inutile l'établissement préalable des propositions générales sur les produits infinis, qui interviennent nécessairement dans l'exposition directe du résultat de Weierstrass.

Ch. II. Applications analytiques. — L'auteur met immédiatement en relief l'admirable fécondité de la théorie générale de Cauchy en l'appliquant au calcul d'intégrales définies qui se rencontrent dans les applications, notamment de celles de Fresnel (p. 161), au développement en série de fractions de la fonction cotangente (afin de préparer une application analogue qui se rencontrera dans le domaine des fonctions elliptiques), enfin à l'étude des intégrales des différentielles algébriques les plus simples par la méthode des lacets. A noter, parmi les exemples, l'étude de la fonction *arc sinus* (p. 176), et celle de l'intégrale elliptique de première espèce (p. 179), dont l'inversion (guidée par l'analogie avec l'*arc sinus*) sert à introduire la notion des fonctions doublement périodiques.

Ch. III. Fonctions elliptiques. — Ces fonctions, qui constituent le premier et le plus bel exemple de fonctions jouant un rôle capital en analyse en dehors de celles qu'y avaient primitivement introduites l'algèbre et la trigonométrie élémentaires, seraient volontiers frappées d'ostracisme par certains esprits dont l'horizon semble quelque peu étroit et que dominent des préoccupations par trop utilitaires. Les fonctions elliptiques se rencontrent déjà dans diverses applications ; mieux connues, elles y interviendront davantage. A l'heure où s'accroît dans le domaine des sciences physiques le champ que dominent les équations différentielles, serait-il raisonnable de borner aux seules fonctions élémentaires les ressources offertes à leur intégration, alors surtout que les efforts des géomètres ont su réduire l'usage des fonctions elliptiques à des formules se traduisant en chiffres avec facilité ? Ces formules, comme le fait observer l'auteur dans sa Préface, " sont simples, souples, d'un maniement aisé, et il serait injuste d'affirmer *à priori* qu'on en a épuisé toutes les conséquences utiles ".

Rien, d'ailleurs, ne saurait mieux plaider en faveur du maintien de cette belle théorie dans l'enseignement donné à de futurs ingénieurs que la façon même dont M. Humbert est parvenu, en quatre-vingts pages environ, à en résumer l'exposé réduit à ses parties vraiment essentielles. Nous voudrions pouvoir en donner ici une idée suffisante.

Cet exposé s'ouvre par les théorèmes généraux de Jacobi relatifs aux périodes, très bien et très simplement présentés, avec le secours de raisonnements géométriques intuitifs.

Après les théorèmes classiques sur les fonctions elliptiques, qui servent d'introduction nécessaire à leur étude, l'auteur aborde les fonctions fondamentales, c'est-à-dire les fonctions particulières permettant d'exprimer toute fonction elliptique. Leur choix peut se faire de diverses façons. D'accord avec la plupart des auteurs modernes, M. Humbert adopte celle de Weierstrass, mais il l'expose sous une forme originale, commençant par introduire la fonction ζu (au lieu de pu) afin de profiter, pour rendre plus facile aux débutants l'accès de la théorie, de l'analogie avec le cas de la fonction cotangente qui s'était présentée plus haut parmi les exemples les plus élémentaires des fonctions analytiques.

La fonction pu est ensuite introduite à titre de dérivée (changée de signe) de ζu (p. 194). Les propriétés fondamentales de

ces deux fonctions sont, en quelques pages, établies avec une très grande simplicité.

Pour la raison qui a fait déduire plus haut le théorème de Weierstrass de celui de Mittag-Leffler, à titre de corollaire, la fonction σa n'est pas définie, comme d'ordinaire, par son développement en produit infini, mais au moyen d'une quadrature portant sur la fonction ζ. Son expression en produit infini n'est ensuite introduite qu'à titre accessoire et sans qu'on y insiste. Les propriétés fondamentales sont établies indépendamment de cette expression. Notons, en passant, l'extrême simplicité avec laquelle est présentée la notion des systèmes de périodes équivalents.

Après avoir établi la relation capitale qui lie algébriquement pu et $p'u$, l'auteur met en lumière les importantes conséquences qu'elle comporte, définit l'invariant absolu et indique, sans y insister, la notion de la fonction modulaire.

Il montre comment une fonction elliptique quelconque, de périodes connues, peut s'exprimer à l'aide soit des fonctions σ (Jacobi), soit des fonctions ζ (Hermite), soit des fonctions p. Pour ce dernier cas, il donne trois expressions intéressantes, et qui, nous semble-t-il, ne figurent pas dans les ouvrages analogues.

Les formules d'addition sont obtenues très aisément, en quelques lignes.

Pour rattacher les nouvelles fonctions de Weierstrass aux anciennes de Legendre, l'auteur se contente de donner l'expression de snu à l'aide de pu (p. 218). Il calcule enfin les périodes en fonction des invariants.

Ch. IV. Applications des fonctions elliptiques. — La première application des fonctions elliptiques est celle qui concerne le calcul des intégrales elliptiques (d'où leur est d'ailleurs venu leur nom). L'auteur donne à ce propos toutes les indications nécessaires pour que les calculs puissent être, sans hésitation, poussés jusqu'au bout.

Il aborde ensuite, à titre d'exemple d'application géométrique, les courbes de genre un dont, comme on sait, ses propres travaux ont notablement contribué à enrichir la théorie, et, plus particulièrement, le cas des cubiques planes. Il convient, à ce propos, de signaler l'interprétation géométrique, nouvelle et fort élégante, qu'il a obtenue du paramètre elliptique dans le cas des cubiques à asymptotes distinctes, inflexionnelles et concourant en un point (p. 237).

A titre d'application mécanique, la plus élémentaire, des fonctions elliptiques, il traite, en quelques lignes, le problème du pendule simple dont il met la solution sous une forme remarquablement simple par l'introduction de la cotangente du demi-angle parcourn par le pendule à partir de sa position initiale.

Il traite enfin le classique théorème de Poncelet sur les polygones à la fois inscrits et circonscrits à des coniques en le fondant sur la représentation paramétrique des coniques au moyen des fonctions elliptiques, et en déduit d'une part un théorème célèbre de Jacobi sur le pendule simple (p. 248), de l'autre une très élégante proposition sur les arcs de lemniscate qui lui est due en propre (p. 249).

A l'occasion des équations différentielles, on trouve, par la suite, plusieurs autres applications intéressantes des fonctions elliptiques.

Ch. V. Calculs numériques. — Il s'agit ici du calcul effectif des fonctions pu, ζu, σu, quand on part des invariants g_2 et g_3, calcul pour lequel est définie la fonction θ on moyen de σ.

Toutes les formules utiles pour pousser jusqu'au bout le calcul numérique s'y trouvent, sobrement présentées, et sans digressions superflues.

Troisième partie : *Équations différentielles.*

Ch. I. Équations du premier ordre. — Les généralités par où s'ouvre ce chapitre sont, comme on devait s'y attendre, traitées avec un soin particulier de façon à bien préciser, dès le seuil de cette importante théorie, les notions fondamentales qui s'y rencontrent. La notion de solution singulière y est notamment présentée avec une netteté parfaite.

L'auteur passe ensuite en revue les types classiques d'équations du premier ordre que l'on sait intégrer, c'est-à-dire dont la solution générale peut être obtenue au moyen de quadratures. Comme il ne perd jamais le contact avec la géométrie, il a soin de caractériser chaque cas par une propriété des courbes intégrales ; pour les équations homogènes, ces courbes sont homothétiques par rapport à l'origine ; pour les équations linéaires, trois quelconques d'entre elles déterminent sur toute parallèle à Oy un rapport constant ; pour celles de Riccati, quatre quelconques d'entre elles déterminent sur ces mêmes parallèles un rapport anharmonique constant ; pour celles de Lagrange, elles coupent toutes chaque droite d'un certain système sous un même angle ; etc.

En exposant les divers artifices d'intégration (dérivation,

facteur intégrant, changement de variable) qui permettent, en certains cas, de ramener une équation donnée à l'un des types traditionnels, l'auteur signale un type d'équation (p. 290), analogue à celui de Clairaut, qui se rencontre dans un certain nombre de problèmes et ne semble pourtant pas avoir été déjà signalé dans les ouvrages analogues. Intégrée à cet endroit par dérivation, cette équation se prête un peu plus loin (p. 296) à l'application de la transformation de Legendre.

Les exemples d'application géométrique, variés et bien choisis, sont traités avec une rare élégance, particulièrement ceux qui se rapportent aux lignes tracées sur les surfaces (lignes de courbure, lignes asymptotiques, systèmes conjugués).

L'équation d'Euler, d'où se déduit la formule d'addition des fonctions elliptiques, est intégrée par un procédé géométrique fort simple qui se rattache au lemme du théorème de Poncelet.

Ch. II. Équations différentielles d'ordre quelconque. — Après avoir indiqué les cas principaux de réductibilité de ces équations, l'auteur montre leur application pour des équations du second ordre sur des exemples classiques (courbe élastique, courbe de poursuite, etc.). A cette étude des équations du second ordre intégrables, M. Humbert rattache un résumé de la théorie des lignes géodésiques, qui mérite d'être loué spécialement pour sa simplicité et son élégance. En une vingtaine de pages, le savant professeur a su admirablement condenser ce sujet important, l'éclairant d'exemples choisis avec art, s'étendant en particulier sur les géodésiques de l'ellipsoïde, à l'occasion desquelles il démontre, par les voies les plus élémentaires et les plus directes, de fort beaux théorèmes comme celui (p. 348) — dû, si nous ne nous trompons, à Michaël Roberts — qui donne la génération de toute ligne de courbure de l'ellipsoïde au moyen d'un fil tendu sur cette surface et fixé en deux de ses ombilics non opposés, de même que, sur un plan, une ellipse peut être tracée par le procédé dit des jardiniers.

Ch. III. Systèmes d'équations différentielles. — Ce chapitre a principalement pour but la démonstration, d'ailleurs supérieurement présentée, du théorème fondamental de Cauchy sur l'existence des solutions d'un système canonique. Il en est fait application à l'établissement de ce fait que la fonction inverse de l'intégrale elliptique de première espèce est monodrome et méromorphe dans tout le plan.

Ch. IV. Équations linéaires. — Il n'y a, à propos de ce

sujet très classique, qu'à louer le soin et la rigueur que l'auteur a mis dans son exposition.

Ch. V. Étude des intégrales d'une équation linéaire. — Nous nous éloignons ici du domaine élémentaire traditionnel pour pénétrer dans celui qu'ont ouvert les recherches modernes. Il s'agit de la détermination de la nature analytique de l'intégrale générale d'une équation linéaire (sans second membre) au voisinage de ses points critiques. L'auteur se borne à développer cette étude dans le cas du second ordre, mais par les méthodes générales applicables dans un cas quelconque. Il ramène, sous certaines hypothèses restrictives bien qu'encore très générales, une telle étude à un problème qu'il énonce avec précision (p. 413) pour en développer la solution avec une parfaite rigueur. A titre d'applications, il établit les conditions sous lesquelles l'intégrale générale est méromorphe dans tout le plan, ou holomorphe, ou rationnelle, et utilise ces généralités dans l'étude de l'équation de Lamé (à coefficient elliptique) dont l'intégrale générale est justement méromorphe dans tout le plan. Il intègre d'ailleurs cette équation dans un cas particulier ($n = 1$) qui lui fournit un exemple d'application des fonctions elliptiques.

Ch. VI. Équations aux dérivées partielles. — On ne peut, à l'occasion de ce dernier chapitre, que regretter les exigences du programme qui ont forcé l'auteur à ne traiter le sujet que très sommairement en le réduisant à peu près à ce qui a trait aux équations du premier ordre. Ce n'est pas d'ailleurs que la manière de l'auteur se relâche en quoi que ce soit ; il n'y a, pour s'en convaincre, qu'à se rendre compte de la façon dont il expose la classique théorie des équations linéaires, et dont il donne l'interprétation géométrique de la méthode d'intégration de Monge.

Il s'attache de même ensuite aux équations aux différentielles totales et aux équations du premier ordre à deux variables indépendantes, ayant soin, ici encore, de mettre en évidence l'interprétation géométrique de la méthode, et insistant sur les cas particuliers les plus importants (pp. 466 à 469).

Le chapitre se termine par quelques rapides considérations sur les équations du second ordre avec une application géométrique à la détermination des surfaces sur lesquelles les lignes de courbure d'un système sont situées dans des plans parallèles.

Le volume est complété par un recueil d'exercices sommairement mais complètement traités sur la théorie des fonctions elliptiques. Ces exercices, fort bien choisis, et d'une espèce rare,

ne constituent pas un des moindres attraits du livre. Ceux d'entre eux qui offrent une assez grande généralité sont d'ailleurs précisés par des exemples. Ils portent sur les fonctions analytiques (I à VI), l'expression d'une fonction elliptique en $p(u)$ et $p'(u)$ (VII et VIII), l'intégration et la formule d'Hermite (IX à XII), l'expression de $p\left(\frac{u}{2}\right)$ par une formule nouvelle, élégante et simple (XIII et XIV), la multiplication complexe avec deux exemples simples correspondant aux cas où $g_2 = 0$ et $g_3 = 0$ (XV et XVI), l'invariant géométrique d'une cubique plane qui est l'occasion d'une démonstration particulièrement élégante (XVII), enfin la théorie des équations différentielles (XVIII).

En fermant la dernière page du livre de M. Humbert, on constate qu'à aucun moment n'a faibli le charme par lequel on a été saisi tout au début, et l'on se prend à penser que jamais n'a été plus clairement faite la démonstration qu'on peut se montrer savant sans être jamais obscur, et rigoureux sans être jamais pesant.

P. P.

II

Lehrbuch der Differenzenrechnung von Demetrius Seliwanoff. Un vol. in-8° de vi-92 pages. — Leipzig, Teubner, 1904.

Le calcul des différences confine, en plus d'un point, au domaine des mathématiques que M. F. Klein appelle *la mathématique des approximations.* Il semble qu'un attrait naturel ait porté les mathématiciens russes vers ces régions peu explorées encore. Tschebyscheff en a ouvert l'accès. Le sillon qu'il a tracé révèle une terre fertile, promettant une floraison d'idées originales et fécondes. Il s'y recèle, on peut l'espérer, une sève jeune, capable de vivifier de vieilles théories — celle des erreurs, par exemple, que la routine maintient à l'abri des assauts d'une critique sincère — ou d'en faire germer de nouvelles, plus saines et plus vigoureuses. Le soin que met l'auteur du présent manuel à délimiter dans chaque question l'approximation du résultat manifeste la même tendance positive. Le savant professeur de Saint-Pétersbourg perfectionne, en le simplifiant et en l'ordonnant

mieux, le calcul des différences publié en 1889 par A. A. Markoff. Il développe aussi certaines questions neuves qu'il n'avait fait qu'ébaucher dans l'*Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften.*

Après la définition des différences, leur application à un certain nombre de fonctions simples et l'exposé des relations qui relient les différences d'une fonction aux valeurs successives de cette dernière, l'auteur traite le problème de l'interpolation et applique les méthodes à la recherche des racines d'une équation, au calcul approché des logarithmes et à l'évaluation approchée des intégrales définies.

Dans une seconde partie, se présente la notion de somme, somme indéfinie, somme définie. On y rattache la fonction de Jacques Bernoulli, la formule de sommation d'Euler, appliquant cette dernière au développement en série de $(e^t - 1)^{-1}$, $cotx$, tgx, etc. Les questions d'approximation sont toujours soigneusement élucidées.

La troisième partie traite des équations aux différences, théorie analogue et parallèle à celle des équations différentielles dont elle emprunte jusqu'aux démonstrations.

L'exposé est clair et concis, sobrement mais suffisamment fourni d'exemples. Le lecteur après avoir parcouru cette centaine de pages aura une connaissance assez complète du calcul des différences et une idée juste du but qu'il poursuit. Il se sera fait la conviction que les sciences d'observation auraient tout avantage à s'en assimiler plus intimement les méthodes et à en utiliser plus souvent les résultats.

D. T.

III

Obras sobre Mathematica do Dr F. Gomes Teixeira, publicadas por ordem de Governo Português. Premier volume, in-4° de VIII-402 pages. — Coïmbre, Imprensa de Universidade, 1904.

Ce premier volume des œuvres de M. Gomes Teixeira contient quatorze articles aussi différents par leur étendue que par la nature des sujets traités. Nul ordre n'a présidé à leur distribution générale. " Dans la disposition des travaux, nous n'avons suivi, dit l'auteur, ni l'ordre dans lequel ils furent imprimés pour

la première fois, ni l'ordre logique des matières auxquelles ils se rapportent ; la publication en eût subi du retard, les travaux les plus anciens nécessitant une revision plus soignée. „

Les développements en série, depuis les séries potentielles et trigonométriques jusqu'aux séries ordonnées suivant les puissances d'une fonction quelconque, occupent une part considérable du volume. Leur étude se présente sous la forme de mémoires ou d'articles d'importance inégale. A côté de ces travaux, dont quelques-uns, tant par leurs dimensions que par la marche logique et la rigueur de leur exposé, constituent des chapitres complets d'analyse, d'autres, plus modestes, s'étendent à peine sur deux ou trois pages. Ce sont des notes ou des communications à des revues élémentaires sur des points spéciaux d'analyse ou de géométrie, des extraits de correspondance, des réponses aux questions de l'*Intermédiaire*, etc.

A part deux ou trois articles et quelques notes écrites en portugais, l'ouvrage est rédigé en français. Chaque article porte l'indication du recueil où il a paru la première fois.

La disposition typographique, claire et élégante, fait de cette publication nationale un monument digne à la fois du Gouvernement qui l'élève et de l'œuvre du maître qu'il honore.

D. T.

IV

Teoria geometrica de las lineas alabeadas y de las superficies desarrollables, por Eduardo Torroja y Caballé, cathedrático de la Facultad de Ciencias é individuo de número de la real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales. Un vol. gr. in-8° de 388 pages. — Madrid, Fortanet, 1904.

Un trait caractéristique de cet ouvrage est l'absence presque absolue de noms propres. De parti pris, semble-t-il, l'auteur a écarté toute indication d'origine, toute note bibliographique ou historique. Il s'est cantonné dans la science rationnelle pure. Le nom de Staudt, le seul à peu près qui se rencontre sous sa plume — deux fois en tout — semble dicté par un sentiment d'admiration sincère, celle qu'inspire d'ordinaire le modèle qu'on veut imiter. Les qualités qu'on a louées dans l'œuvre de l'éminent géomètre allemand — quoique le concert de louanges n'ait pas

été exempt de toute dissonance — se retrouvent dans le traité de M. Torroja. Il a cherché à exposer avec logique, rigueur et concision la théorie des lignes gauches et celle des surfaces développables, théories qui se compénètrent si intimement qu'elles constituent un ensemble unique et homogène, formant un seul et même chapitre de la géométrie. Il est assez rare, croyons-nous, de voir éclore sous le brillant soleil d'Espagne une œuvre de tendance et d'esprit si germaniques.

" Dans l'exposition, dit l'auteur, j'ai employé uniquement des considérations de géométrie pure, excluant l'analytique qui nous conduirait aux mêmes résultats. „ Le principe de réciprocité est l'instrument presque unique, mais extraordinairement fécond, d'investigation. L'auteur ne partage pas à son sujet l'avis de Chasles : " Par les méthodes de transformation on fait un théorème déterminé avec un autre théorème déjà connu. On peut former ainsi une collection plus ou moins ample de propositions. Mais ces propositions sont en quelque sorte isolées ; elles manquent de liens entre elles: on ne saurait les déduire les unes des autres, lors même qu'elles se rapportent à une même théorie: on ne connaît que leurs liaisons avec celles dont elles sont déduites. „ M. Torroja s'efforce, au contraire, de placer sous un même jour les deux suites de propositions corrélatives.

Nous allons parcourir rapidement l'ouvrage, en développant la table des matières, qui, malheureusement, est trop concise.

Chapitre I. — Point de départ : définition de la tangente de première et de seconde espèce en un point d'une courbe. Faisceau des tangentes, faisceau des plans osculateurs. Cône directeur. Définition du point central sur une génératrice de surface gauche. Ligne de striction. La surface développable asymptotique.

Chapitre II. — Citons, pour donner une idée de la méthode et de la clarté de l'exposé, les premières lignes du chapitre II. " Si, un point se mouvant sur une courbe gauche, le point, la tangente en ce point et le plan osculateur se meuvent d'une manière continue et dans le même sens, les trois éléments s'appellent *ordinaires*. Si l'un d'eux s'arrête, les autres continuant leur mouvement, cet élément a un point d'*arrêt*. Si le mouvement de l'un d'eux change de sens, cet élément aura atteint un point de *rebroussement*. „ Théorie du contact, à laquelle est consacrée une grande partie du chapitre. Cette théorie mène très simplement au cône osculateur le long d'une génératrice. L'auteur saura en tirer bon parti. Lignes de courbures : les génératrices et leurs orthotomiques. Enveloppes, enveloppantes.

Chapitre III. — Étude des éléments singuliers des courbes et des surfaces développables. L'auteur emploie, explique et développe la notation de Staudt.

Chapitre IV. — Développement des surfaces. Problèmes sur les surfaces coniques et cylindriques. Les méthodes sont celles de la géométrie descriptive.

Chapitre V. — Développées des courbes gauches. Surface polaire, que l'auteur propose d'appeler surface développante de la courbe gauche, par analogie avec les lignes développantes. Surface lieu des bi-normales et des normales principales.

Chapitre VI. — Lignes et surfaces d'égale pente. Hélice, hélicoïde développable. Hélice osculatrice à une courbe.

Chapitre VII. — Notions générales sur la symétrie et l'involution. Symétrie relativement à un trièdre trirectangle. Involution par rapport aux éléments d'un tétraèdre.

Chapitre VIII. — Problèmes : Section plane d'une surface développable. Surfaces coniques et cylindriques qui projettent une courbe. Ligne d'intersection de deux surfaces en général : application aux surfaces coniques et cylindriques. Surface développable circonscrite à deux surfaces.

Dans l'article 3 de ce chapitre, l'auteur fait l'étude de quelques courbes planes qui se présentent dans la considération des sections planes : la sinusoïde, les cycloïdes dérivant de l'hélice, des cubiques et des quartiques planes dérivant des courbes algébriques gauches. Ce sont des exemples intéressants de la recherche des propriétés des figures planes par le moyen de figures dans l'espace.

Chapitre IX. — Études des cubiques gauches et des figures qui en dérivent. Signalons une bonne classification de ces courbes en quatre genres, d'après leur position, par rapport au plan à l'infini. Propriétés diverses. Différentes manières d'engendrer les cubiques. Surface développable tangentielle du quatrième degré. Faisceau du troisième ordre des plans osculateurs, etc.

Chapitre X. — Systèmes simples de quadriques. M. Torroja regrette l'absence d'une dénomination pour désigner les développables de quatrième classe corrélatives aux quartiques. Classification des faisceaux et des séries de quadriques en vingt-deux groupes, d'après Staudt.

Chapitre XI. — Quartiques gauches. Points associés. Groupes de points déduits les uns des autres. Classification des quartiques. Leur représentation.

Chapitre XII. — Surfaces développables de quatrième classe.

Coniques doubles que comprennent ces surfaces. Résolution par les méthodes de la géométrie descriptive de quelques problèmes intéressants.

Chapitre XIII. — Quadriques homofocales. L'auteur les propose comme un exemple d'une série de quadriques qui n'ont pas de développable circonscrite réelle. Coniques focales. Plans et points cycliques. Système triple orthogonal.

Chapitre XIV. — Cubiques planes. Elles sont considérées comme projections des cubiques et des quartiques gauches, et cette relation suffit à caractériser leurs propriétés et à les classifier. Droite satellite. Faisceaux des coniques et des droites perspectives.

Chapitre XV. — Courbure des surfaces non développables. Propriétés de nature projective. Éléments non projectifs de la courbure des surfaces. Surfaces développantes.

Cette nomenclature des sujets traités par M. Torroja paraîtra peut-être un peu touffue : dans une matière si vaste et si variée il faudrait écrire un livre pour montrer comment des éléments si disparates prennent place dans un cadre et s'y harmonisent en un tout homogène. Nous saurons gré à M. Torroja d'avoir tenté cette synthèse et nous le féliciterons d'y avoir réussi.

L'outillage analytique dont il s'est servi est des plus restreints : un raisonnement géométrique nerveux le remplace. La concision n'y a rien perdu ; elle est peut-être parfois trop parfaite.

Les quarante-trois épures disséminées dans l'ouvrage sont tracées avec goût et avec art. On y sent la main d'un amateur de géométrie descriptive et d'un maître expérimenté. A les voir si claires, si faciles à lire, si suggestives des formes réelles de l'espace, on se prend à regretter de ne pas les voir aussi plus nombreuses. Elles contribueraient efficacement à soutenir l'effort de l'imagination au cours de raisonnements parfois pénibles.

L. T.

V

Einleitung in die analytische Geometrie der höheren algebraischen Kurven nach den Methoden von Jean Paul de Gua de Malves. Ein Beitrag zur Kurvendiskussion von Dr Paul

SAUERBECK, Professor am Gymnasium Reutlingen. Un vol. in-8° de VI-166 pages. — Leipzig, Teubner, 1902 (1).

Jean Paul de Gua de Malves naquit en 1712 à Carcassonne en Languedoc, d'une famille noble et ancienne, mais ruinée par des spéculations financières malheureuses. Il entra dans les ordres. Membre depuis quelques années déjà de l'Académie de Bordeaux, il publia, en 1740, ses *Usages de l'Analyse de Descartes* (2), massif petit volume in-12, d'aspect étrange, et faisant songer, dit M. Sauerbeck (3), à quelque vieux livre de prières. A son apparition ce volume fut jugé assez remarquable pour valoir d'emblée à son auteur l'entrée à l'Académie des Sciences. Gua de Malves mourut à Paris le 2 juin 1786.

Après quelques années de gloire, Gua de Malves tomba vite dans un profond oubli. Chasles, dans son *Aperçu historique* n'en parle pas. Ce sont MM. Nöther d'Erlangen et von Brill de Tubingen les premiers (4), puis après eux Cantor, au tome III de ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, qui ont rappelé sur son nom l'attention des géomètres. " Ses *Usages de l'Analyse de Descartes*, dit en résumé l'illustre professeur d'Heidelberg, sont un ouvrage de haute valeur et plein d'originalité, mais obscur et renfermant quelques erreurs. „ Il n'y a rien à modifier à ce jugement ; il est complet et très juste. Aussi, malgré son mérite, Gua de Malves devait-il, presque fatalement, jouer de malheur. On se buta contre l'obscurité de son livre et on l'étudia peu. Les plagiaires mirent en évidence les principales erreurs de l'auteur, ils avouèrent l'une ou l'autre de ses qualités par trop difficile à nier, puis après avoir détourné l'attention du

(1) Ce volume forme le tome XV des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN begründet von Moritz Cantor.

(2) *Usages de l'Analyse de Descartes pour découvrir, sans le secours du Calcul Différentiel, les Propriétés ou Affections principales des lignes Géométriques de tous les Ordres.* Par Jean Paul de Gua de Malves, Prêtre, Trésorier de l'Eglise Collégiale et Séculière de St-Jean de Menigoute, Académicien de l'Académie Royale de Bordeaux. A Paris, rue S. Jacques. Chez Charles-Antoine Jombert, Libraire du Roy pour l'Artillerie et le Génie, à l'Image Notre-Dame. M. DCC. XL. Avec Approbation et Privilège du Roy ; — pp. XXVI, 457.

(3) Page 1.

(4) *Die Entwicklung der Theorie der algebraischen Funktionen in älterer und neuerer Zeit*, ouvrage qui forme le tome III des JAHRESBERICHTE DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG. Jahrgang 1892-1893, pp. 132-134.

volume, ils le pillèrent à cœur joie, en s'attribuant les découvertes qu'il contenait. Écoutons parler, par exemple, dans son *Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques* (1) l'homme qui a fait le plus de tort à Gua de Malves, je veux dire Gabriel Cramer :

" Cet essai, dit-il, dans la préface, était à peu près fini, quand M. l'abbé de Gua fit paraître les *Usages de l'Analyse de Descartes pour découvrir les propriétés des lignes géométriques de tous les ordres.* La substitution qu'il fait du triangle algébrique au parallélogramme de Newton est une idée heureuse (2) dont j'ai profité avec reconnaissance, aussi bien que de quelques autres pensées ingénieuses de cet auteur. Mais je n'ai pas cru devoir le suivre dans la méprise où il est tombé sur les branches infinies des courbes et sur leurs points multiples (3), pour avoir négligé l'usage des séries infinies, ou pour avoir voulu juger une série entière par son seul premier terme. „

Il faut le reconnaître, Cramer est d'une lecture aussi facile et agréable que Gua de Malves est pénible et diffus. Il profite si habilement des " pensées ingénieuses „ émises par l'auteur des *Usages de l'Analyse de Descartes*, qu'un grand nombre des plus belles découvertes du mathématicien français lui sont couramment attribuées aujourd'hui. Qu'on me comprenne bien, l'*Intro-*

(1) *Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques*, par Gabriel Cramer, professeur de philosophie et de mathématiques, des Académies et Sociétés royales de Londres, de Berlin, de Montpellier, de Lyon et de l'Académie de l'Institut de Bologne. A Genève, chez les frères Cramer et Cl. Philibert. MDCCL, p. xi.

(2) Voici, par exemple, comment Gua de Malves écrivait le premier membre de l'équation générale du 3e degré à deux variables :

$$\begin{array}{ccccc} hy^3 & ixy^2 & kx^2y & lx^3 \\ ey^2 & fxy & gx^2 \\ by & cx \\ a \end{array}$$

On s'aperçoit du premier coup d'œil que ce *triangle* permet d'ordonner *simultanément* le polynome de trois manières différentes ; par rapport aux y, par rapport aux x, et par rapport aux termes d'un même degré.

(3) On a surtout beaucoup reproché à Gua de Malves d'avoir nié la possibilité des points de rebroussement de seconde espèce découverts par le Marquis de l'Hopital. C'était là cependant une idée à laquelle Gua de Malves tenait à ce point, qu'il crut devoir appeler sur elle l'attention du lecteur, dès la *Préface* : « Je démontre, dit-il (p. xvii), l'impossibilité du Point qu'on nomme communément Rebroussement de seconde espèce : Point qu'on avait toujours cru possible depuis que M. le Marquis de l'Hopital en avait supposé l'existence et donné la description „.

duction à l'Analyse des courbes algébriques par Cramer (1) a longtemps joui d'une vogue méritée, et loin de moi la pensée de vouloir le nier ; mais il convient de rendre à chacun son dû et ce n'est que justice de signaler les emprunts faits par Cramer à Gua de Malves. Cantor avait, il y a quelques années, commencé ce travail dans ses *Vorlesungen* mais sans l'achever ; M. Sauerbeck le reprend et le termine complètement.

Pour nous faire connaître Gua de Malves, le professeur de Reutlingen a eu une idée des plus heureuses : c'est de traduire, si je puis m'exprimer ainsi, en langage algébrique moderne les *Usages de l'Analyse de Descartes*. Et tout d'abord, en mettant de côté le point de vue historique, il est résulté de cette version un des traités de géométrie analytique les plus curieux et les plus intéressants qu'il se puisse imaginer. On est étonné de voir combien de belles et fécondes méthodes, connues dès le XVIIIe siècle, sont aujourd'hui négligées et tombées dans l'oubli.

Mais si, faute d'expression rendant mieux ma pensée, je viens de dire que M. Sauerbeck nous avait donné une version des *Usages de l'Analyse de Descartes* en langage algébrique moderne, il importe cependant d'entendre ceci en y ajoutant la nuance exprimée, dans le titre : *Introduction à la Géométrie analytique des courbes de degré supérieur, d'après des Méthodes de Jean Paul de Gua de Malves ; contribution à la discussion des courbes.*

L'auteur s'est écarté du texte de Gua de Malves principalement en deux points. En effet, s'il a essayé avant tout de nous donner un traité de Géométrie analytique, écrit dans l'esprit des méthodes du XVIIIe siècle, il a néanmoins voulu faire œuvre d'historien. Il n'a donc pas craint de s'attarder à comparer les méthodes de Gua de Malves à celles de ses devanciers ou à celles de ses successeurs immédiats.

La valeur et l'intérêt du volume de M. Sauerbeck en sont accrus d'autant,

En outre, M. Sauerbeck n'a pas toujours cru devoir suivre pas à pas l'ordre des théories de Gua de Malves. En cela je ne puis plus le louer sans restriction. Ces transpositions sont, il est vrai, tout bénéfice pour les lecteurs qui ne chercheront dans le volume de M. Sauerbeck qu'un traité de Géométrie analytique, mais les

(1) Voir sur l'*Introduction* de Cramer : Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, 2e édition, Tome III, pp. 823-841. Leipzig, Teubner, 1901.

historiens des mathématiques n'y trouveront pas leur compte, et à ce propos il me faut bien adresser un reproche au savant professeur.

Mieux que personne il doit l'avoir appris à ses dépens, les *Usages de l'Analyse de Descartes* n'ont pas de tables. Ajoutez à cela que Gua de Malves a la malencontreuse idée d'éviter presque systématiquement les formules algébriques, et de parler le langage courant. Aussi rien n'est plus malaisé que de retrouver chez lui, soit une démonstration, soit l'énoncé d'un théorème (1).

Ayant pris le parti de ne pas suivre Gua de Malves, proposition par proposition, M. Sauerbeck aurait donc dû multiplier davantage ses trop rares indications bibliographiques et nous dire, au fur et à mesure, à quelle page des *Usages de l'Analyse de Descartes* se trouvaient les démonstrations qu'il nous expo-

(1) L'ouvrage original de Gua de Malves est divisé en trois sections d'étendue des plus inégales.

La première n'a que 24 pages et est intitulée : *Méthode pour trouver les centres généraux des lignes géométriques de tous les ordres.* C'est la plus ancienne théorie générale des centres des courbes algébriques qui ait été publiée.

La deuxième section contient au contraire 324 pages, et a pour titre : *Différentes applications des principes sur lesquels est fondée la méthode précédente.* Cette méthode consiste principalement dans un emploi très ingénieux des coefficients indéterminés et des transformations de coordonnées, par des formules que nous écrirons aujourd'hui de la manière suivante :

$$x = a + \rho \cos \omega \qquad y = b + \rho \sin \omega.$$

Dans ces formules a et b désignent les coordonnées cartésiennes indéterminées d'une nouvelle origine ; ρ et ω les coordonnées polaires d'un point de la courbe, le pôle étant transporté à cette nouvelle origine.

Cette deuxième section est divisée par Gua de Malves en quatre parties, formant comme autant de traités distincts, auxquels il donne le nom assez étrange de *lemmes.* Ces lemmes sont d'ordinaire accompagnés d'un ou plusieurs corollaires auxquels sont ajoutées des remarques. Ces corollaires et ces remarques sont comme autant de divisions et de subdivisions des traités formés par les lemmes.

Enfin la troisième section des *Usages* renferme 106 pages et est intitulée : *Solution de quelques problèmes par les méthodes qu'on a données dans la seconde section.* Ces problèmes sont au nombre de cinq et nous y reviendrons tantôt avec quelques détails. Pour le moment, il me suffit d'y signaler la remarque du Problème I (*Usages*, pp. 365-368), dans laquelle Gua de Malves indique un oubli de Newton, dans son *Enumeratio linearum tertii ordinis.* C'est la seule, peut-être, des nombreuses découvertes de Gua de Malves dont on ne lui ait jamais contesté la priorité.

sait. Ces indications, précieuses pour le lecteur, eussent fort peu surchargé son travail et en auraient notablement augmenté l'utilité.

Voici maintenant le plan suivi par le professeur de Reutlingen.

CHAPITRE I. Aperçu historique sur le développement des méthodes employées pour la discussion des courbes, depuis Descartes jusqu'à de Gua, 1637-1740.

1. Introduction. 2. But visé par de Gua. 3. La *Géométrie* de Descartes et l'*Enumeratio* de Newton. 4. Les *Lineae Newtonianae* de Stirling. 5. La *Geometria* de Mac Laurin. 6. Influence de l'École anglaise sur de Gua. 7. La méthode différentielle. 8. Saurin. 9. Maupertuis. 10. Nicole et Clairaut. 11. L'abbé de Bragelongue. 12. de Gua de Malves.

CHAPITRE II. Méthodes connues à l'époque de Gua de Malves.

1. Équation résultante ; méthodes de Newton, de Leibniz, de Gua de Malves. 2. Règle de Hudde et discriminant. 3. Transformation linéaire et théorème de Taylor. 4. Triangle arithmétique de Gua de Malves. 5. Des courbes binomes (1). 6. Fonctions symétriques élémentaires des racines des équations.

CHAPITRE III. Théorie analytique générale des courbes algébriques, d'après les *Usages de l'Analyse* de Gua de Malves.

1. Diamètres. 2. Théorème général de Newton sur les diamètres. 3. Asymptotes curvilignes des courbes du 3e ordre ; démonstrations de Stirling et de Gua de Malves. 4. Centres. 5. Exemples (2).

(1) Il s'agit des courbes représentées par l'équation générale

$$x^m y^n = a$$

dans laquelle m et n sont deux nombres *entiers* positifs ou négatifs.

(2) Ces exemples sont au nombre de quatre :

1o Le *cercle* (*Usages*, p. 10). De Gua se sert de l'équation :

$$y^2 = 2ax - x^2.$$

M. Sauerbeck emploie l'équation générale des coniques en coordonnées cartésiennes rectangulaires.

2o Les *coniques*, dont de Gua, fidèle à la méthode du triangle arithmétique, écrit l'équation sous la forme (*Usages*, p. 11) :

$$\left\{\begin{array}{l} nyy + rxy + mxx = 0 \\ \quad\quad + ay + bx \\ \quad\quad\quad\quad + cc \end{array}\right\}$$

3o Le groupe des *courbes du 3e ordre* représenté par l'équation (*Usages*, p. 13) :

$$xy^2 + ey = ax^3 + bx^2 + cx + d.$$

4o La *cassinoïde* (*Usages*, p. 15) :

1. Asymptotes rectilignes parallèles à l'un des axes des coordonnées. 2. Asymptotes rectilignes de direction quelconque. Recherche de leur coefficient angulaire et de leur ordonnée à l'origine. 3. Règle de Gua de Malves.

1. Points singuliers situés sur les axes. 2. Théorème de Newton (1). 3. Points singuliers obtenus par la considération du contact des axes des coordonnées. 4. Osculation et embrassement (2). 5. Point de rebroussement de deuxième espèce (Schnabelspitze). 6. Lemnisceros infiniment petit (Spitzpunkt). 7. Points singuliers issus de la considération des tangentes quelconques. 8. Énumération des divers points multiples ou singuliers qui se rencontrent dans les cinq premiers ordres des courbes algébriques. 9. Conditions de l'existence des points singuliers, à distance finie ou infinie, dans les courbes de l'ordre n. 10. Analogie des branches de courbe à l'origine et à l'infini (3). 11. Toutes les cubiques

$$y^4 + (2x^2 + 2b^2)\, y^2 + x^4 - 2b^2 x^2 + 2a^2 b^2 - a^4 = 0.$$

De Gua reprend longuement plus loin l'étude de cette courbe et en fait l'objet du Problème II de la 3e Section (*Usages*, pp. 368-393).

(1) Il s'agit du théorème très connu, d'après lequel on a pour une courbe de degré n la relation

$$\frac{y_1 . y_2 . y_3 \ldots y_n}{(x - a_1)(x - a_2)(x - a_3) \ldots (x - a_n)} = \frac{A}{B}$$

$a_1, a_2, a_3 \ldots a_n$ étant les n abscisses des points d'intersection de la courbe avec l'axe des x, et $y_1, y_2, y_3 \ldots y_n$, les n valeurs de l'ordonnée pour une valeur arbitraire x de l'abscisse, enfin A et B des constantes (Voir : *Usages*, p. 68. *Enumeratio linearum tertii ordinis*, § 11, Théor. 3, dans les *Isaaci Newtoni Opuscula*, édités par Castillon, t. I, p. 249).

(2) *Selbstberührung*, dit M. Sauerbeck (p. 71); *osculation et embrassement*, dit de son côté Gua de Malves (*Usages*, p. 105). J'observerai à ce propos et une fois pour toutes, que plusieurs des noms adoptés par Gua de Malves n'ont pas conservé dans la science le sens qu'il y attache.

(3) C'est l'un des chapitres les plus intéressants des *Usages de l'Analyse de Descartes*. L'auteur y revient à plusieurs reprises :

Sect. II. Lemme III. Remarque du Corollaire III. " Où l'on découvre une analogie singulière entre les différentes espèces de points et les différentes espèces de branches infinies hyperboliques ou paraboliques qui peuvent se rencontrer dans les courbes „ (*Usages*, pp. 148-159).

Ibid. Rem. I du Corollaire IV. " Où l'on donne plus d'étendue à l'Analogie qui a déjà été observée dans la remarque sur le corollaire troisième de ce lemme entre les différentes espèces de points et les différentes espèces de branches infinies, dont les lignes géométriques sont susceptibles, et où l'on découvre une seconde analogie de même espèce, fondée sur la théorie des ombres, ou projections des courbes, qui conduit à connaître *à priori* la raison de la première „ (*Usages*, pp. 194-225).

peuvent être obtenues par la projection des paraboles du troisième degré. 12. Théorème de Gua de Malves sur les trois points d'inflexion des courbes du 3e ordre (1). 13. Points singuliers situés en dehors de l'origine. 14. Parallèle entre l'emploi de la méthode analytique et celui de la méthode différentielle dans la recherche des points singuliers des courbes. 15. Points doubles. 16. Points d'inflexion et points de rebroussement. 17. Lemnisceros infiniment petits et points de serpentement.

Chapitre IV. Applications.

1. Étude approfondie de la courbe du 3e ordre (2)

$$y^3 = x^3 - ax^2 + bx^2.$$

2. Étude approfondie de la cassinoïde (3).

3. Étude approfondie des deux courbes du 4e ordre

$$y^4 - 6axy^2 - 8a^2y^2 + a^2x^2 = 0$$
$$x^4 - ax^2y + by^3 = 0 \text{ (4)}.$$

4. Étude approfondie de la courbe du 3e ordre

$$xy^2 + ey = cx + d \text{ (5)}.$$

5. Étude approfondie des paraboles du n^e ordre

(1) Il s'agit du célèbre théorème dans lequel de Gua énonça le premier la propriété bien connue " que les trois points d'inflexion d'une courbe du troisième ordre sont en ligne droite „. Il en avait compris toute l'importance et ne manque pas d'appeler sur elles l'attention du lecteur.

" Je démontre, dit-il dans la préface (pp. XVII et XVIII), par mes méthodes différentes propriétés ou des courbes en général, ou des lignes du troisième ordre en particulier : propriétés dont la découverte est due à M. Newton et qui depuis qu'on les connaissait ou n'avaient point été démontrées ou ne l'avaient été que par des moyens directs et moins simples que ceux dont je me sers. *J'en ajoute même une nouvelle* qui regarde la situation respective des points d'inflexion, et des branches infinies des diamètres, et qui m'a paru mériter de n'être point passée sous silence. „

Gua de Malves en a donné deux démonstrations, l'une synthétique (*Usages*, p. 225), l'autre analytique (*Usages*, p. 313). M. Sauerbeck ne craint pas de s'arrêter à ce beau théorème, et il ajoute deux démonstrations à celles de Gua des Malves, dont l'une est due à Mac-Laurin.

(2) Troisième Section. Problème I (*Usages*, pp. 348-364).

(3) Troisième Section. Problème II (*Usages*, pp. 368-393).

(4) Troisième Section. Problème III (*Usages*, pp. 396-407).

(5) Troisième Section, dernière partie du problème III (*Usages*, pp. 407-411).

$$y = a + bx + cx^2 + ex^3 + .. + px^n \text{ (1)}.$$

6. La classification des courbes du 2e et du 3e ordre (2).
APPENDICE. Notices biographiques.

H. BOSMANS, S. J.

VI

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DES MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE, par AIMÉ WITZ, Ingénieur des Arts et Manufactures, Docteur ès sciences, Professeur à la Faculté libre des sciences de Lille, etc. 4me édition, refondue et entièrement remaniée. Tome II : *Monographie des principaux moteurs à gaz et à pétrole. Moteurs à double effet. Moteurs Compound. Éléments de construction des moteurs. Installation, conduite et entretien. Applications.* Un vol. in-4° de 631 pages. — Paris, E. Bernard, 1903.

Le Tome II du remarquable traité de M. Witz vient de paraître. Il constitue le magnifique complément du premier volume, dont nous donnions il y a quelques mois à peine un compte rendu trop succinct. La rapidité avec laquelle ce second volume succède au premier, montre que l'auteur a compris, en présence de la fiévreuse activité qui règne en ce moment dans le domaine des moteurs à gaz, qu'il était indispensable de munir les hommes du métier d'un guide sûr qui, tout en exposant l'état actuel du

(1) Troisième Section. Problème IV (*Usages*, pp. 411-420).

(2) Troisième Section. Problème V (*Usages*, pp. 421-452). Gua de Malves le premier, observe M. Sauerbeck, a classé les courbes du second ordre d'après un procédé *purement analytique*, et en imitant la méthode suivie par Newton, dans l'Énumération des courbes du troisième ordre. La classification des courbes du 2d ordre par Gua de Malves, est, en effet, basée exclusivement sur la nature des racines des trois termes du second degré.

" Le plus haut des trois rangs que nous venons de rapporter, dit-il (c. à. d. $ey^2 + fxy + gx^2$), pourra, si l'on en fait une équation particulière, avoir ou deux racines réelles et égales, ou deux racines réelles et inégales, ou bien deux racines imaginaires " (*Usages*, p. 426). De là trois espèces différentes de courbes, la parabole, l'hyperbole et l'ellipse. On le voit, c'est le procédé suivi de nos jours encore, dans tous les traités de Géométrie analytique. Il valait la peine de remarquer que c'est à Gua de Malves ou, si on le préfère, à Newton qu'il est dû.

problème, indique par des théories savantes et bien établies dans quelle direction leurs efforts devront tendre pour être couronnés de succès.

Tandis que le Tome I était consacré principalement à l'alimentation des moteurs et à l'étude de leur théorie, l'éminent savant concrète ce dernier point dans le second volume en exposant, de la façon la plus complète, l'état actuel de la construction des moteurs.

Dans un 1er chapitre l'auteur revient succinctement sur les moteurs à explosion sans compression, qui sont plutôt du domaine de l'histoire. Un second chapitre, très étendu, est consacré aux moteurs à explosion avec compression, presque uniquement construits aujourd'hui. Ces moteurs sont rangés en six catégories que nous passerons successivement en revue.

Le 1er type est celui du moteur à deux temps, dont la paternité appartient à Dugald Clerk. Après quelques considérations du plus haut intérêt sur les avantages et les inconvénients de ce type, l'éminent auteur en décrit les principaux représentants, parmi lesquels nous citerons tout spécialement les moteurs von Oechelhaeuser et Koerting, principalement destinés à l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux.

Le moteur à quatre temps dû à Otto constitue le 2e type. Le savant professeur de Lille débute par une dissertation sur les avantages de ce type, sur les méthodes de régularisation de la marche, sur le nombre et la répartition des cylindres et par un parallèle intéressant entre les constructeurs français, anglais, américains et allemands.

Le moteur Otto est soumis à une étude approfondie et très détaillée, ainsi que son dérivé, le moteur Crossley. Notons encore parmi un grand nombre d'autres le moteur Simplex, le moteur Delamare-Deboutteville et Cockerill, les moteurs Koerting, Tangye, Winterhur, dont les noms dominent au milieu des innombrables types décrits.

Les moteurs Niel et Charon constituent les principaux représentants du 3e type, à détente complète. Ces deux moteurs sont l'objet d'une description minutieuse. Le 4e type offre le plus haut intérêt, grâce à sa nouveauté et à l'avenir qui lui est réservé : Le moteur à double effet, après avoir été abandonné dans les débuts de la construction des moteurs à gaz à cause des difficultés d'ordre pratique qu'il soulevait, vient de reconquérir en ces dernières années la faveur des constructeurs. Ne suffit-il pas pour le prouver de citer les grands noms de Letombe,

Otto, Nuremberg et Cockerill qui se sont lancés hardiment dans cette nouvelle voie ? M. Witz consacre à l'étude de ces moteurs tout le développement que leur importance comporte.

L'auteur passe ensuite rapidement sur les deux derniers types : le moteur compound et le moteur à six temps.

Les deux chapitres suivants donnent la description des moteurs à compression et à combustion, dont les avantages font encore l'objet de nombreuses discussions, et des moteurs atmosphériques et à rotation. Les moteurs à pétrole lampant constituent une classe dont l'importance ne fera probablement que croître grâce à la substitution par M. Diesel de la combustion à l'explosion. L'auteur leur consacre une place importante dans son ouvrage. Dans l'obligation où nous nous trouvons d'être bref, nous ne citerons que le moteur Diesel.

Après cette étude si complète des différents types de moteurs, l'éminent auteur aborde avec une compétence toute spéciale l'étude méthodique des détails de construction. C'est principalement dans cette étude qu'on retrouve la sagacité du savant professeur. Comme complément à l'étude individuelle des moteurs, les différents organes sont repris ici séparément. Et ce n'est pas une description de catalogue, bien au contraire, l'étude de chaque classe d'organes débute par des considérations générales sur les conditions qu'ils doivent remplir pour atteindre efficacement le but auquel ils sont destinés. L'auteur montre ensuite par l'exposition des types réalisés comment un même concept peut être concrété différemment, en réalisant d'une façon plus ou moins complète les conditions exigées. Les organes de distribution, d'allumage, de réglage de la vitesse, les cylindres et pistons, les arbres, volants et bâtis, les appareils de mise en marche et de graissage des moteurs subissent successivement une savante critique. Il nous est malheureusement impossible de donner ici une idée de la façon magistrale dont cette tâche ardue est menée à bout. Bornons-nous à dire que la lecture de cette longue étude sera également utile au constructeur pour le diriger dans le choix et l'invention de nouveaux modèles, et à l'industriel qui discernera plus facilement, grâce aux principes généraux qui y sont exposés, vers quels modèles il devra porter son choix, au milieu des innombrables types que la concurrence lui présente.

Pour pouvoir offrir aux industriels un traité complet, l'éminent praticien fait suivre cette étude des principales indications relatives à l'installation, l'entretien et la conduite des moteurs. Comme le dit l'auteur, ce sujet réclamerait un volume pour

être traité complètement, mais grâce au merveilleux talent de synthèse que le savant professeur possède, il a su réunir en quelques pages les indications essentielles sur les fondations, les canalisations, les transmissions et accouplements, sur la conduite et l'entretien des moteurs. Ce chapitre pourra être médité avec le plus grand fruit par tous ceux qui doivent établir ou surveiller un moteur à gaz.

Les applications des moteurs à gaz font l'objet du dernier chapitre de l'ouvrage de M. Witz. Mieux que toute considération théorique, la nomenclature des multiples applications de ces moteurs démontre péremptoirement la place capitale qu'ils ont conquise dans l'industrie. Après avoir modestement acquis droit de cité dans la petite industrie, ils ont lentement envahi la grande industrie où ils rivalisent actuellement avec la machine à vapeur ; ils la combattent victorieusement jusque dans ses derniers retranchements qui sont la conduite des génératrices d'électricité. D'autre part, le moteur à gaz a joué un rôle pacificateur dans la guerre que se font le gaz et l'électricité pour l'éclairage. Comme l'auteur le prouve, le plus grand rendement lumineux est obtenu en produisant le courant par un moteur à gaz.

L'auteur expose toutes ces vues en les accompagnant de nombreux exemples et devis qui prouvent les avantages que l'industrie a su tirer de ce nouvel auxiliaire.

Voilà une esquisse bien faible de l'importance du nouveau traité dont la science théorique et pratique vient de s'enrichir. Ajoutons qu'un très grand nombre de planches des plus soignées, et dont plusieurs hors texte, viennent ajouter à la clarté de l'exposition. La plupart des types sont accompagnés de vues d'ensemble et de nombreuses coupes très détaillées.

Nous n'avons rien à rétracter de l'opinion que nous avons émise en analysant le Tome I, bien au contraire nous sommes persuadé que la publication de ce magnifique ouvrage fera époque, et que la lecture en est indispensable tant au spécialiste qu'à l'industriel, car plus que jamais la solution du problème des moteurs à gaz exige le concours de toutes les activités sous la direction éclairée des savants, au premier rang desquels nous saluons l'éminent professeur des Facultés catholiques de Lille, M. Aimé Witz.

N. S.

VII

ÉTUDE SUR L'EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ A HAUTE TENSION COMME MOYEN DE TRANSPORT MÉCANIQUE SOUTERRAIN, par A. SOHIER et G. MASSAT. Un vol. in-8° de 100 pages avec planches. — Bruxelles, Goemare, 1904.

La profondeur croissante que les puits d'extraction doivent atteindre, pour exploiter économiquement les gisements minéraux et surtout les couches de charbon que recouvrent parfois des épaisseurs considérables de morts-terrains ébouleux et aquifères, donne une importance très grande à l'étude des moyens de transport souterrain destinés à remplacer la traction animale par la traction mécanique.

En effet, le coût élevé du creusement, du revêtement et de l'installation des puits qui ont à pénétrer profondément dans les entrailles du sol pour y chercher les minéraux utiles nécessite l'attribution d'un champ d'exploitation étendu à chacun des sièges.

Bientôt, sans doute, la mise en valeur du gisement si riche du nord de la Belgique rendra plus actuelle encore la question du transport souterrain mécanique à grande distance. En attendant, plusieurs exploitants ont eu à résoudre déjà des problèmes qui se rattachent à cette question : notamment aux charbonnages du Nord du Flénu à Ghlin, MM. Sohier et Massart, respectivement directeur-gérant et directeur des travaux de ces charbonnages, se sont appliqués à trouver la meilleure solution à apporter dans leurs exploitations, où les conditions du gisement imposent l'emploi d'un système économique de transport souterrain, eu égard à l'étendue relativement considérable des galeries de traînage.

A la suite d'une étude très complète des différents systèmes utilisés dans d'autres exploitations pour des cas plus ou moins similaires, leur préférence s'est arrêtée à l'emploi de l'air comprimé à haute tension.

Ils ont résumé, en une brochure très documentée, les résultats de leur étude ; ils y exposent, dans la première partie, le système d'air comprimé à haute tension (système Mékarsky) employé par la Compagnie Générale des omnibus de Paris ; puis l'application de ce système aux mines de Graissessac (Hérault)

comme moyen de transport intérieur. Enfin, ils donnent tous les éléments de leur travail et leurs conclusions quant à l'application de ce procédé au cas des charbonnages du Nord du Flénu. — Nous croyons utile de résumer ici l'ensemble du projet élaboré par ces ingénieurs distingués.

La distance maximum à parcourir est de 3000 mètres pour les chantiers situés vers la limite ouest de la concession avec des pentes maxima variant de 24 à 31 $^{m}/_{m}$ par mètre.

Dans ces conditions, des locomotives à air comprimé pesant 3 tonnes pourront remorquer, à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure, des trains de wagonnets composés de 16 à 20 chariots vides, à la montée, pendant laquelle se fait le plus grand effort de traction, la marche à charge étant plus facile et profitant de la pente vers le puits.

Le projet d'installation comprend 12 locomotives en marche, 2 en chargement et 2 en réserve, approvisionnées d'air comprimé à la pression de 75 atmosphères, dans des réservoirs mesurant $0^{m},92$ de diamètre et $1^{m},80$ de longueur; un détendeur, interposé entre ces réservoirs et les cylindres moteurs, ramène la pression à 5 atmosphères ; un réservoir à eau chaude permet de maintenir la température de l'air au degré nécessaire pour éviter la formation de glace dans les cylindres moteurs. L'air comprimé est fourni par des compresseurs installés à la surface, et envoyé aux accumulateurs de l'intérieur où vont se charger les locomotives.

D'après les chiffres établis par MM. Sohier et Massart, l'économie réelle qui résulterait, pour les charbonnages du Nord du Flénu, de l'adoption du système que nous venons d'exposer, se traduirait par une amélioration d'environ 0 fr. 40 par tonne au prix de revient, par rapport au coût de la traction chevaline, déduction faite de l'intérêt à 5 °/o des frais de premier établissement qui se monteraient à 70 000 francs.— Leur conclusion finale est, qu'il n'y a pas à hésiter sur cette installation qui, selon eux, est indispensable pour la bonne marche de leurs charbonnages.

La deuxième et la troisième partie de leur intéressant travail comprennent les comptes rendus de visites faites par eux dans diverses mines du midi de la France et du Bassin de Sarrebruck, où ils ont eu l'occasion d'étudier différents systèmes de transports souterrains qui y sont appliqués.

Ils fournissent en même temps des renseignements intéressants, concernant les gisements de ces mines et les particularités

qu'ils y ont rencontrées quant à l'organisation des exploitations et des procédés mécaniques spéciaux qu'elles comportent.

Il y a dans ces deux chapitres des monographies qui présentent un certain intérêt pour les ingénieurs exploitants.

V. L.

VIII

Les sous-marins et la prochaine guerre navale, par H. Noalhat. Un vol. in-12 de 246 pages. — Paris, Berger-Levrault et Cie, 1903.

La guerre russo-japonaise apprendra bien des choses aux techniciens militaires et, pour ne parler que des opérations navales, ils y trouveront de féconds enseignements. La flotte nippone, surtout, a fait preuve d'une audace et d'une activité extraordinaires, battant l'estrade, escarmouchant sans cesse et portant à l'ennemi des coups rapides et meurtriers. Ils auraient donc raison ceux qui prétendent que sur mer il faut renouveler la stratégie et la tactique, et que les cuirassés sont des géants impuissants devant les entreprises des torpilleurs et des sous-marins. De ceux-ci il est douteux que les belligérants se soient déjà servis ; vraisemblablement ce n'est pas par l'attaque d'un sous-marin, mais par le heurt contre une mine qu'a péri le *Petropawlowsk* avec presque tout son équipage y compris l'amiral Makaroff, commandant supérieur de la flotte russe en Extrême-Orient. Il se peut, néanmoins, que la guerre ne se termine pas sans l'entrée en lice de ces nouveaux bâtiments, invisibles et insaisissables tirailleurs de haute mer, au sujet desquels la controverse a commencé à se donner beau jeu il y a cent ans et s'est montrée plus ardente que jamais dans ces dernières années. L'on tient de source quasi officielle que quatre sous-marins construits sur les chantiers de la Baltique ont été expédiés à Port-Arthur où ils ont été lancés le 9 avril ; le 26 du même mois, ils auraient été essayés avec plein succès. Le lendemain 27, on mandait de New-York au Daily Mail que le sous-marin *Protector*, dû aux plans du capitaine Lake, avait été vendu au Japon.

Je ne suivrai pas M. Noalhat dans ses considérations sur le concept moderne de la guerre navale, concept qui ferait une loi

à toutes les puissances maritimes de se pourvoir de sous-marins, dont la France seule jusqu'à présent possède un nombre notable (19 construits, 49 en construction à la fin de 1902). Je me bornerai à analyser, au point de vue technique, le livre clairement écrit qu'il a publié vers la fin de 1903, livre d'une haute valeur intrinsèque auquel la guerre russo-japonaise ajoute un intérêt tout particulier.

Les premières tentatives caractéristiques de navigation sous-marine remontent à Charles-Quint. D'autres suivirent d'assez près en 1580, en 1604, en 1625. C'est en 1630 que le P. Mersenne fut le premier à conseiller la substitution aux carènes en bois de coques métalliques plus souples et beaucoup moins lourdes à égalité de résistance. Toutefois, les inventeurs continuèrent à chercher à tâtons, sans théorie et même sans but précis et, si quelques uns méritent une mention spéciale, tels Bushnell (1771), Fulton (1801) et Wilhelm Bauer (1865), aucun cependant n'a construit un engin dont quelque organe existe dans le sous-marin d'aujourd'hui ; seul Bauer peut être considéré comme un véritable précurseur, ayant affirmé que pour naviguer sous les flots les bateaux devaient être pisciformes.

Mais ce n'était pas tout d'avoir trouvé la figure et la substance de la coque, il fallait imaginer des mécanismes qui fussent différents de vaines et mystérieuses curiosités. Jusque dans ces derniers temps la science y a été inhabile ; c'est de hier seulement que datent les principes certains qui régissent la construction des sous-marins.

Deux groupes d'appareils principaux sont à adjoindre à la carène : des machines motrices avec des propulseurs et des appareils d'immersion et d'émersion.

Comme propulseur il ne semble pas qu'on doive chercher autre chose qu'une hélice; quant au moteur il faut s'entendre et il faut distinguer. Pour la marche en immersion on n'a pas encore découvert de bons moteurs thermiques. Le moteur à vapeur est d'un poids mort considérable et son emploi implique les plus graves dangers d'asphyxie ; au fur et à mesure de la combustion le poids total du bateau diminue et il est difficile d'assurer sa stabilité. Le moteur à air comprimé est lourd et encombrant, il fonctionne très mal lorsqu'il convient de développer une grande puissance; de plus, la détente de l'air provoque un abaissement de température susceptible d'incommoder beaucoup le personnel. Le moteur à explosion ne possède pour la navigation sous-marine

ni assez de force, ni assez de régularité. Dans l'état actuel de la science, le seul bon moteur pour la marche en immersion est le moteur électrique, encore n'est-il pas sans défauts. Son poids est trop élevé, l'espace qu'il occupe trop étendu, son maniement trop délicat. Le volume des accumulateurs est égal aux 2/5 du volume interne du bateau, ils pèsent les 2/3 de l'ensemble. A raison de 4 à 6 nœuds la marche en immersion n'est possible que pendant 15 à 20 heures, que pendant 5 ou 6 heures à vitesse accélérée. Avec un unique moteur électrique, un sous-marin ne peut naviguer longtemps sans recharger ses accumulateurs, il n'est utilisable que pour la défense des côtes et des îles, il est incapable d'opérations prolongées ou éloignées.

Aussi, a-t-on imaginé de doter le sous-marin de deux moteurs : un moteur électrique pour la marche en immersion, un moteur thermique, susceptible de mise en train et d'arrêt pour ainsi dire instantanés, pour la marche à la surface. C'est le sous-marin autonome dont la machine thermique, au moyen de dispositifs que je ne m'attarderai pas à décrire, sert à la recharge des accumulateurs.

La question du combustible est loin d'être indifférente ; le meilleur est le combustible liquide, car son emploi permet de maintenir invariable le poids du bâtiment ; il suffit, à cet effet, au fur et à mesure de la combustion, d'aspirer de l'eau en quantité déterminée dans des réservoirs spéciaux.

En somme, pour le moteur le dernier mot n'est pas dit. M. Noalhat exprime l'espoir que les travaux de M. Pictet et les siens propres aboutiront à l'invention d'un moteur thermique à air ou à combustion, utilisable à la fois pour la marche en immersion et pour celle à la surface (1).

Pour passer de l'une de ces marches à l'autre, il faut un moyen sûr et facile d'enfoncer le bateau dans l'eau à une pro-

(1) " Nous faisons allusion ici, entre autres, aux projets de M. Pictet, dont la notoriété scientifique considérable (qui n'a pas encore malheureusement franchi les portes des bureaux de rédaction de certains périodiques) peut nous être un sûr garant qu'une solution pratique est entrevue. Et pour qui connaît les travaux antérieurs de M. Pictet, il est logiquement permis d'espérer que la solution viendra par le moyen d'un moteur thermique à air — ou bien à combustion, sur lequel nous avons aussi et depuis bien longtemps notre idée, mais que nous réservons, tout au moins pour le moment, en raison des frais qu'occasionnerait le premier modèle d'expérience — moteur thermique qui n'aura aucun des inconvénients de ceux actuellement connus tant au point de

fondeur déterminée et de le remonter sur les flots. On a d'abord songé à modifier le volume du navire en laissant son poids constant; ce système consistait en un ensemble de cylindres glissant dans des douilles étanches, il a dû être abandonné. On a imaginé ensuite de modifier le poids sans faire varier le volume en introduisant de l'eau dans des réservoirs que l'on vidait plus ou moins pour remonter à la surface. Ce procédé convenant à de tout petits esquifs montés par un ou deux hommes a donné des résultats déplorables lorsqu'il fut appliqué à un bâtiment un peu grand. Ces deux systèmes ont pour fondement un parfait équilibre du sous-marin immergé, c'est-à-dire l'annulation de la flottabilité; ils sont dits " systèmes à flottabilité nulle „. Aujourd'hui on emploie communément un système à " flottabilité positive „, dans lequel le bateau conserve toujours une densité inférieure à celle de l'eau ; l'immersion et le maintien sous les flots sont obtenus par l'action de gouvernails horizontaux qui servent aussi à l'émersion. C'est " le plus léger que l'eau „ et il est assez piquant de rappeler ici que maints inventeurs recherchent une solution scientifique de la navigation aérienne dans " le plus lourd que l'air „.

Le sous-marin est pourvu d'organes de direction qui sont le dôme de commandement à hublots et le tube optique. Celui-ci, surmontant ordinairement celui-là, est utilisé lorsque l'on juge imprudent de laisser le dôme hors de l'eau ; au moyen du tube optique on obtient à l'intérieur du bâtiment une image panoramique de la surface des flots. Comme instruments de route l'on se sert d'un compas d'habitacle et parfois d'un gyroscope dont l'axe de rotation est repéré avec soin.

L'armement des sous-marins se compose uniquement de torpilles automobiles, ordinairement au nombre de 3 ou 4. Les sous-marins français actuellement en service possèdent un équipage de 5 à 10 hommes, y compris les officiers (1 ou 2) ; les

vue du rendement que surtout (ce qui est capital pour l'habitabilité du sous-marin) au point de vue de la suppression des gaz délétères dans l'atmosphère confinée du bateau.

„ Là est, croyons-nous, le sous-marin de l'avenir au point de vue militaire ; là encore, seulement, apercevons-nous la voie qui pourra conduire à la découverte, pas encore entrevue, du sous-marin capable d'une exploration scientifique, d'une étude de fond de rade, d'une vérification de câble noyé par des fonds abordables et tant d'autres choses si intéressantes et si attirantes qui ne sont aujourd'hui que bien péniblement et bien imparfaitement permises quand elles ne sont pas impossibles ! „ *Les sous-marins et la prochaine guerre navale*, pp. 17 et 18, note.

derniers sous-marins mis sur chantier auront un équipage de 20 hommes, dont 2 officiers.

Sous réserve de modifications ultérieures, M. Noalhat classe comme suit les sous-marins existant actuellement.

A Sous-marins électriques	*a)* Sous-marins transportables { α) à flottabilité nulle β) à flottabilité positive *b)* Sous-marins non transportables à flottabilité positive.
B Sous-marins autonomes	Possèdent deux moteurs : un moteur électrique pour la marche en immersion et un moteur thermique pour la marche à la surface.
C Torpilleurs submersibles	Possèdent un seul moteur thermique ; ne sont pas des sous-marins proprement dits, car l'immersion n'est jamais complète. Le bout de la cheminée et un petit dôme d'observation dépassent toujours la surface des eaux.

Pour terminer cette rapide analyse, je vais indiquer comment doit se comporter le sous-marin en action. A un mille (1852 m.) de l'ennemi, le sous-marin s'immerge en laissant l'extrémité du tube optique hors de l'eau afin de pouvoir assurer la marche et observer les alentours. A 700 mètres environ il faut rentrer le tube et naviguer à l'estime jusque vers 500 mètres, distance à laquelle on peut rapidement le faire émerger pour vérifier la direction. A 250 mètres on lance la torpille. La torpille lancée, il faut s'éloigner au delà du cercle de visibilité, revenir à la surface et recommencer éventuellement les mêmes opérations. Rien n'est plus simple comme tactique, mais rien n'est plus délicat et ne demande plus d'expérience et de précision.

B.

IX

Impressions lumineuses sur la rétine, par M. Charpentier, extrait du *Traité de Physique biologique,* publié sous la direction de MM. d'Arsonval, Gariel, Chauveau et Marey. Une brochure grand in-8° de 141 pages.

Dans une étude sur la lumière et les couleurs, insérée dans la Revue des Questions scientifiques d'avril 1899, nous avons

montré l'importance des travaux de M. Charpentier, professeur à l'Université de Nancy, dans cet ordre de questions. A ce moment, on avait de lui un livre remontant à 1888 et ayant un peu le caractère d'un livre de vulgarisation, un article de la Revue générale des Sciences et une série de communications à l'Académie des Sciences et à la Société de Biologie. Aujourd'hui, tous ces travaux dispersés se trouvent condensés dans une étude systématique, où se développe avec concision, mais avec tous les détails nécessaires, ce que peut dire ce savant éminent des *Impressions lumineuses sur la rétine.*

Il a divisé son étude en quatre chapitres, consacrés successivement aux phénomènes objectifs, aux phénomènes subjectifs communs à toutes les radiations lumineuses, aux phénomènes subjectifs caractérisant les radiations lumineuses, et enfin aux rapports des phénomènes objectifs et subjectifs. Ce dernier chapitre, où les hypothèses occupent la plus grande place, est fort court, M. Charpentier ayant tenu à donner à son œuvre un caractère aussi positif que possible.

Il faut bien avouer cependant que les hypothèses avaient trouvé moyen de se glisser, quoi qu'il en eût, dans le chapitre précédent, car on y trouve des *vues théoriques* où se trouve développée l'hypothèse qui attribue la sensation de couleur à la superposition de deux vibrations distinctes se propageant dans le nerf optique : on se souvient que l'une se rattache à la sensibilité lumineuse, et l'autre à la sensibilité visuelle. Les particularités de la vibration totale, résultant de l'interférence des deux vibrations partielles, expliquent tous les caractères de la sensation totale : l'intensité, le ton et la saturation. La première correspond à l'amplitude de la vibration ; le ton correspond à sa forme spécifique, résultant de la différence de phase des deux vibrations partielles. Enfin la saturation correspond au plus ou moins d'amplitude des dentelures que la vibration la plus rapide introduit dans la vibration totale.

Si nous rappelons brièvement les bases de cette théorie, c'est afin de bien faire saisir tout l'intérêt que présente l'expérience que M. Charpentier désigne par ces mots “ coloration des points blancs „. Mais, avant d'en aborder l'examen, il est nécessaire de dire quelques mots des oscillations lumineuses, qui se rattachent aux phénomènes communs à toutes les radiations.

Quand on fait tourner assez lentement (un tour en deux secondes, par exemple) un disque noir sur lequel on a collé un secteur blanc plus ou moins large, ce secteur, s'il est bien

éclairé, cesse de paraître uniformément blanc ; une bande noire, sous forme de secteur plus ou moins étroit, à bords estompés, se montre à une certaine distance du bord blanc initial ; une bande blanche plus claire et de même largeur à peu près précède cette bande noire et la sépare du fond noir du disque. Le phénomène se complique parfois, mais nous n'avons pas besoin d'insister sur les détails de cette complication.

Il résulte de ces observations que l'arrivée de la lumière sur un point quelconque de la rétine fait naître en ce point une série d'oscillations de la sensation dont la première, surtout dans sa phase négative, est la plus frappante ; chaque oscillation complète dure un trentième ou un quarantième de seconde environ ; elles s'amortissent plus ou moins vite et se fondent en une sensation d'intensité intermédiaire.

Ces oscillations rétiniennes ne se produisent pas seulement sur place ; elles se propagent de proche en proche dans des conditions très particulières. Cette propagation se fait suivant deux modes bien distincts.

Sur un disque noir tournant, une petite zone blanche est collée vers la périphérie : par suite de la persistance des impressions, elle produit une figure semblable à une portion d'anneau plus ou moins éclairée ; mais sur ce fond clair apparaît une série de cannelures sombres, régulièrement espacées. Ce phénomène n'est pas dû à la rencontre successive de points positifs et négatifs causés par un état oscillatoire de la rétine, car l'intervalle des cannelures s'accroît avec la distance de l'œil et diminue quand la vitesse du disque augmente.

L'effet observé s'explique ainsi : l'objet, à son passage en un point de la rétine, y provoque une série d'oscillations qui, se propageant au reste de la rétine, produisent en chaque point, par leur répétition, une succession rythmique de ces mêmes états. Une série de calculs fondés sur cette hypothèse donnent des résultats d'accord avec l'expérience.

Celle-ci, faite dans des conditions différentes, permet de reconnaître que cette propagation des oscillations se fait suivant la direction du rayon physiologique de la rétine, c'est-à-dire de la ligne qui relie le point excité au centre fonctionnel de cette membrane, à la tache jaune.

Voici maintenant une autre forme de l'irradiation. Lorsqu'un petit objet bien lumineux est mis en rotation d'abord lente sur fond noir, la tache diffuse qui l'entoure se déplace avec lui, mais *elle change de forme* et présente des aspects étroitement liés à

la vitesse de déplacement sur la rétine, en sorte qu'on passe de l'un à l'autre en variant ou la distance de l'œil, ou la vitesse de rotation, ou le rayon du cercle décrit par l'objet.

On arrive à reconnaître qu'il s'agit d'une diffusion rythmique de l'impression lumineuse, avec propagation en tous sens, dont la vitesse n'est que de $1^{mm},7$ en moyenne, tandis que la vitesse des oscillations radiales atteint 72 mm. par seconde.

Quelque insuffisant que soit cet aperçu sur le phénomène si curieux des oscillations rétiniennes, nous espérons qu'il permettra de comprendre la valeur de l'argument que M. Charpentier tire, en faveur de sa théorie, de la coloration des points blancs.

Si l'on regarde, à un éclairage instantané, plusieurs points blancs plus ou moins voisins les uns des autres, ils paraissent pour la plupart colorés d'une façon très nette et de teintes diverses, à condition de ne pas dépasser une certaine intensité, toujours assez faible.

La durée de l'éclairement peut être variable, en restant inférieure à quelques dixièmes de seconde. L'éclairement lui-même doit être supérieur au minimum perceptible, mais rester au-dessous d'une valeur que M. Charpentier évalue à une centaine de fois ce minimum.

Le phénomène se produit avec deux points lumineux au moins; mais il est plus frappant avec des points nombreux, surtout s'ils sont écartés les uns des autres d'au moins $0^{mm},1$ sur la rétine, tout en restant groupés dans un petit espace.

A chaque illumination des points, ils se montrent parfois tous blancs, mais plus souvent tous ou presque tous colorés ; dans ce dernier cas, leur coloration diffère, jamais ils ne sont pareils les uns aux autres ; de plus, les uns, de préférence les petits points, peuvent avoir une teinte plus saturée que les autres. Toutes les couleurs sont représentées (le violet seul est resté douteux). Les nuances rappellent beaucoup celles des couleurs d'interférence. L'emploi de la lumière polarisée ne modifie pas le phénomène.

Ce ne sont pas des couleurs de fatigue, comme les changements de teinte des images consécutives. En effet, quand l'excitation est identique et simultanée pour tous les points et qu'ils sont égaux, ils devraient avoir la même couleur, ce qui n'a jamais lieu. En outre, on peut allonger assez l'intervalle entre deux excitations pour qu'aucune image consécutive ne persiste ; or le phénomène est le même et peut-être plus net encore. Un long repos de l'œil ne s'oppose pas à la coloration, au contraire. Enfin, les colorations variées précédentes se montrent encore à travers

des images consécutives plus ou moins intenses développées artificiellement dans l'œil.

On ne peut mettre en cause, dans cette expérience, l'excitation d'éléments isolés et affectés à la perception de chaque couleur simple, comme ceux qu'admet Homgren, par exemple, car ici, chaque point lumineux pouvant être plus ou moins grand, son image arrivera à couvrir des centaines et des milliers d'éléments rétiniens. Du reste, la couleur d'un même point varie le plus souvent d'une excitation à l'autre, même avec l'immobilité du regard.

C'est donc ailleurs qu'il faut chercher l'explication, et nous ne pouvons la trouver, dit M. Charpentier, que dans la théorie oscillatoire : nous avons le droit de supposer que la lumière ne rencontre pas les éléments rétiniens dans un état d'indifférence complète, mais que la rétine est, au contraire, parcourue incessamment par de ces vagues ou courants ondulatoires dont on a montré l'existence ; sous l'influence de cet état, telle phase vibratoire sera plutôt favorisée que telle autre au moment où arrivera l'excitation en un point donné, d'où prédominance d'une certaine couleur dont la phase sera synchrone avec celle de l'onde ; cette dernière étant, du reste, momentanée et peu intense, on comprend que le phénomène ne soit appréciable que pour une durée d'excitation et une intensité lumineuse limitées l'une et l'autre.

Plutôt que d'entrer dans une nomenclature, forcément sèche, des questions traitées par M. Charpentier, nous avons préféré montrer, sur un détail généralement peu connu, l'intérêt de son étude.

G. Lechalas.

X

La Géologie expérimentale, par Stanislas Meunier, Professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle de Paris. *Deuxième édition*, revue et entièrement remaniée, avec 56 figures dans le texte. Un vol. in-8° cartonné sur toile de IV-321 pages. — Paris, Alcan, 1904.

M. Stanislas Meunier est un écrivain d'une fécondité inépuisable. Sans parler de ses innombrables mémoires et communica-

tions à l'Institut, ni de sa *Géologie des étoiles* (1871, Paris, Firmin-Didot), ni de sa première *Géologie comparée* (1874, Paris, Firmin-Didot), laquelle semble n'être qu'une suite de l'ouvrage précédent, nous avons de lui :

1° Sa seconde *Géologie comparée* (1895) qui n'a guère que le titre de commun avec la précédente ; 2° *La Géologie expérimentale*, 1re édition (1899) ; 3° *La Géologie générale* ; 4° enfin une deuxième édition de l'avant-dernier de ces ouvrages.

Les trois premiers, édités par la maison Alcan, ont été présentés aux lecteurs de la Revue dans les livraisons d'octobre 1895, octobre 1899 et juillet 1903. Nous avons aujourd'hui à parler du quatrième, édition remaniée de fond en comble, du deuxième.

Rien de changé toutefois dans l' " Introduction „, qui encourt partant toutes les critiques formulées page 623, tome XVI, 2e série de ce recueil.

Le corps de l'ouvrage comprend deux " Livres „ partagés chacun en plusieurs subdivisions et chapitres.

Le premier " Livre „ a pour objet, à titre d' " étude expérimentale „, les phénomènes dépendant de l'activité *interne* du globe, et se divise en trois parties dont l'une se rapporte à la " fonction corticale „ : origine de la " coque „ primitive, origine des rochers granitiques, forces cosmiques, formation des montagnes.

La seconde partie s'occupe des volcans et des séismes, c'est la " fonction volcanique „.

La troisième est relative à la fonction *bathydrique* (βάθος, profondeur ; ὕδωρ, eau), c'est-à-dire aux phénomènes de dénudation et de sédimentation par les eaux souterraines.

Les phénomènes qui dépendent de l'activité *externe* de notre sphéroïde, toujours, bien entendu, suivant la méthode expérimentale, font le sujet du " Livre deuxième „, divisé lui-même en cinq parties : 1° Étude, par expériences de laboratoire, de ce que l'auteur appelle la " fonction épipolhydrique „, c'est-à-dire de beaucoup d'eau : eaux sauvages, eaux d'infiltration, eaux courantes ; 2° Étude, par les mêmes voies, de la " fonction océanique „ et lacustre, phénomènes de dénudation et de sédimentation ; 3° Fonction glaciaire ; 4° Fonction éolienne ; et enfin 5° Fonction biologique.

On voit, par cette rapide analyse, que l'auteur prétend — ce que, du reste, on savait déjà — reconstruire tout d'une pièce, par expérimentations ingénieusement combinées, la synthèse universelle de la formation et du fonctionnement constant du

globe terrestre. D'ailleurs on retrouve, dans cette deuxième édition, les mêmes qualités et les mêmes défauts que dans la première et que dans les autres ouvrages du même auteur. Bien qu'il se vante, dans son Avertissement, d'avoir parfois tiré profit des critiques qui lui ont été opposées, n'ayant jamais émis, dit-il, la prétention d'être infaillible, on ne peut toutefois s'empêcher de constater qu'il n'a tenu aucun compte des deux ou trois plus importantes, et qui n'ont pu manquer de lui être faites.

Signalons d'abord la théorie glaciaire dans laquelle persiste M. Stanislas Meunier. Il a beau dire que " bien qu'elle ait été l'objet de critiques extraordinairement sévères et véritablement passionnées (?), l'on peut affirmer qu'elle est de première valeur *(sic)* pour procurer une conception saine *(sic)* du phénomène glaciaire " (1), ce n'est là qu'une affirmation, non une réfutation. Il donne ensuite l'exposé de son système, mais il se garde bien de citer et surtout de combattre ces " critiques extraordinairement sévères " et, ajoute-t il, " véritablement passionnées " dont il paraît se plaindre.

La thèse de la capture des glaciers considérée comme un phénomène identique à celui de la capture des cours d'eau, est, croyons-nous, repoussée par la quasi-unanimité des géologues de profession. La raison en paraît pouvoir se résumer d'une manière assez simple, les glaciers n'ayant pas, comme les cours d'eau, un niveau de base où s'appuyer, puisque, descendus aux altitudes d'un climat plus doux, ils se résolvent en eau à l'extrémité de leur course, tendant, non pas, comme les cours d'eau, à un *profil* d'équilibre, mais bien à une *longueur* et à un *volume* d'équilibre.

M. Stanislas Meunier nie carrément les grandes extensions glaciaires de l'ère quaternaire, prétendant que jamais les glaciers n'ont eu plus d'importance que de nos jours, mais qu'ils ont changé de place à différentes époques. Il explique le transport des blocs erratiques par des coulées de boue qui les entraînaient tout en respectant les saillies et les arêtes des quartiers de rochers ainsi transportés (2).

Une telle explication pourrait à la rigueur être admise s'il

(1) *Géologie expérimentale*, 2e édition, p. 283.

(2) Voir, au *Compte rendu du Congrès de Fribourg* (août 1897), *Introduction*, pp. 56 et suiv., une péremptoire réfutation de cette théorie par M. A. de Lapparent.

Voir aussi la Revue des Questions scientifiques, t. XII de la 2e série, pp. 532, 536 et suiv.

s'agissait de transports à faibles distances. Mais comment concevoir que des blocs énormes, isolés sur les collines des environs de Lyon, par exemple, et dont on ne trouve les similaires que sur les flancs du Mont Blanc ou des montagnes du Valais, aient pu être transportés à de si énormes distances par des masses de boue, surtout quand il est établi, par les géologues du pays, que les vallées de la Suisse remontent aux temps quaternaires où elles présentaient déjà la profondeur qu'on leur connaît aujourd'hui ?

Quel fleuve gigantesque (ou plutôt quelle mer) de boue assez puissante pour transporter de Chamonix ou de Zermatt à Lyon, par dessus monts et vallées, des quartiers de roche arrachés aux flancs du Mont Blanc ou du Servin ?

Nonobstant tous les appareils de laboratoire et les synthèses ingénieuses que leur fait rendre l'imagination féconde (il ne nous coûte pas de le reconnaître) de M. Stanislas Meunier, il n'est pas possible de conclure d'une manière certaine ni même approchée, souvent, de phénomènes minuscules réalisés artificiellement en chambre, aux grandes synthèses opérées par la nature dans le gigantesque laboratoire du sphéroïde terrestre. D'ailleurs, rien ne prouve que des effets semblables ne puissent être réalisés par des concours de causes parfois très différentes. Obtenir, dans un but donné et par des moyens suggérés par une imagination heureuse, des phénomènes analogues, sur une échelle infiniment petite, aux grands phénomènes de la physique générale du globe, ne saurait prouver que la nature a, en grand, agi de même.

Au lieu de se plaindre d'avoir été l'objet de critiques trop sévères et qu'il estime passionnées, M. Stanislas Meunier eût procédé plus scientifiquement en reproduisant en substance ces critiques, pour essayer d'y répondre et, si possible, de les réfuter. Les passer purement et simplement sous silence n'indique pas une conviction bien solide.

On pourrait en dire autant de la théorie de M. Stanislas Meunier sur l'action volcanique, celle-ci étant, d'après lui, déterminée par la chute, dans les cavités inférieures de l'écorce terrestre, de roches imprégnées d'eau. Les géologues du plus haut renom, comme entre autres, Élie de Beaumont que M. Stanislas Meunier paraît avoir en si piètre estime, M. Édouard Suess l'éminent géologue autrichien, M. de Lapparent passé sous silence tout le long de la *Géologie expérimentale*, voient la cause des

activités volcaniques dans l'excessive tension des gaz occlus dans la masse intérieure ignée (1).

La solution de la question ne résulte donc pas des " expériences très simples de M. Stanislas Meunier „ (2). Et pour justifier les conclusions tirées de ces expériences très simples, il eût fallu commencer par discuter à fond la théorie admise par tous les grands géologues et montrer, avec preuves à l'appui, la supériorité du système Stanislas Meunier. Plus qu'ailleurs peut-être des effets combinés par des artifices de laboratoire manquent ici de valeur démonstrative.

Ce qui précède suffit pour faire connaître la valeur du système actualiste à outrance, *activiste* pour employer le néologisme (nous allions dire le barbarisme) dû à M. Stanislas Meunier.

Un travail opiniâtre, une imagination inventive, hardie, à certains égards puissante, au service d'un système préconçu, une incontestable faculté d'exposition et de vulgarisation nonobstant un style parfois un peu pénible (3), voilà les qualités de l'auteur que nous apprécions.

Le défaut général, propre également à ses autres ouvrages, c'est l'esprit de système, le parti pris de tout rapporter à une théorie échafaudée d'avance, et de ne faire qu'avec le plus superbe dédain allusion aux vues, différentes des siennes, des plus grandes figures de la science géologique. Il est juste toutefois de constater quelques légères atténuations (bien légères et en bien petit nombre) à cette manie de dénigrement.

Ainsi quand on lisait dans la première édition, p. 74 :

" On a peine à croire que des géologues de profession aient

(1) Cf. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES de janvier 1903, t. III de la 3e série : *L'Éruption de la Martinique*, voir pp. 31 à 33.

(2) *Géolog. expérim.*, 2e édition, p. 94.

(3) Comme justification de cette légère critique, on peut citer la phrase suivante :

" A tous les instants, l'eau liquide ajoute sa collaboration très efficace à l'action délicate des glaciers, qui d'ailleurs lui communiquent d'ordinaire, par la condensation atmosphérique qu'ils provoquent, une plus grande intensité, et dans chaque régression de sa source, la glace solide se consacre surtout à transporter les débris séparés par les intempéries et à remettre toujours les escarpements vifs à la portée des agents atmosphériques „ (*Géolog. expérim.*, 2e édition, p. 285).

Ailleurs l'auteur nous parle de " la forme la plus intense des phénomènes de refoulement „ (*Ibid.*, p. 79). On se demande ce que peut bien être l'intensité d'une forme. La pensée de l'auteur se comprend, mais non la phrase de l'écrivain.

fait preuve de la même *naïveté tout à fait plaisante*, en présence de ces faits, etc. „

On lit dans la partie correspondante de la deuxième édition, p. 220 :

“ On a peine à croire que des géologues de profession aient fait preuve de la même *légèreté*, en présence de ce fait, etc. „

La “ légèreté „ a remplacé la “ naïveté tout à fait plaisante „. C'est un peu plus parlementaire sans être beaucoup plus aimable.

Ailleurs le “ point de vue *naïf et étroit* formulé par Élie de Beaumont qui n'était que l'écho de Dolomieu „ (première édition, p. 181), a été amputé de “ naïf et étroit „ dans l'édition suivante, p. 257.

Malgré ces deux atténuations, que d'expressions regrettables encore !

Adhérer à l'opinion de Charles Sainte-Claire Deville à la suite d'Élie de Beaumont contre la méthode de M. Stanislas Meunier, “ c'est faire preuve d'un *simplisme* (c'est ici l'auteur même qui souligne) préjudiciable à la recherche de la vérité „ (1).

“ ... Il y a eu des observateurs assez *naïfs* pour émettre l'opinion que, dans le passé, les cours d'eau avaient eu le même fond qu'aujourd'hui „, et l' “ on ne saurait qualifier trop sévèrement ce raisonnement enfantin qui a fait..., etc. „ (2).

Dans sa théorie de la prétendue rupture des glaciers, laquelle ne serait pas “ l'œuvre exclusive de la glace solide „, M. Stanislas Meunier émet cette assertion que “ ne voir dans un glacier que de la glace solide, c'est se comporter d'*une manière antiphilosophique* et se refuser à comprendre l'action de ce genre d'organe de la physiologie terrestre „ (3); ce qui signifie que les géologues qui n'admettent pas le phénomène de la rupture des glaciers, n'entendent rien à la philosophie naturelle. Cela n'est pas d'une courtoisie exagérée.

Au demeurant, notre auteur persiste dans un système excessif et artificiel dont il s'est fait une sorte d'originalité mais qui, en dépit de ses dédains envers les savants de marque qui ne voient pas les choses comme lui, ne nous paraît pas destiné à faire école. Qu'il se fût borné à bien mettre en lumière la généralité des transformations que la constante circulation des eaux opère dans les roches, on n'y pourrait qu'applaudir. Mais vouloir

(1) P. 21, 2e édition ; 23, 1re.
(2) P. 208, 2e édition ; 61, 1re.
(3) P. 285, 2e édition ; 109, 1re.

ramener à des essais de cabinet l'universalité des phénomènes dont notre sphéroïde a été ou est encore le théâtre, c'est assurément dépasser la mesure.

L'auteur se vante, et c'est son droit, des nombreuses adhésions qu'il a reçues et que prouve le rapide écoulement de son livre. Il resterait à savoir si ces adhésions et cet écoulement sont le fait des géologues de profession, des savants authentiques, ou bien du grand public, des amateurs qui, tout en ayant goût aux choses de la géologie, manquent cependant du bagage scientifique nécessaire pour lire avec une indépendance d'esprit et un sens critique suffisant les ouvrages qui les intéressent.

S'il en est ainsi — et il est permis de douter qu'il en soit autrement — l'on peut craindre que l'auteur ne se fasse fort illusion quand, dans le " rapide écoulement „ de son livre, il voit " un gage de la prochaine admission par tous les géologues (!) des points de vue à l'exposé desquels il s'est attaché „.

N'y a-t-il pas là quelque présomption ?

C. DE K.

XI

PREMIÈRES NOTIONS DE GÉOLOGIE, par JULES CORNET, professeur à l'École des mines du Hainaut ; membre de la Commission Géologique de Belgique. Un volume in-8° de 262 pages. — Mons, Dequesne-Masquelier et fils, 1903.

Sous ce titre modeste vient de paraître — extrait des MÉMOIRES ET PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES, DES ARTS ET DES LETTRES DU HAINAUT, VIe série, tome V, 55e volume — un ouvrage didactique des plus suggestifs. C'est le développement des leçons d'introduction au cours de géologie professé par M. Cornet.

" Le but de ces leçons, dit l'auteur, est de donner un aperçu général de l'objet et de la méthode de la géologie avant que d'aborder l'exposé systématique. „ Poursuivre ce but avec autant d'ampleur n'est point une perte de temps. Trop souvent — et c'est une tentation à laquelle succombent aisément les professeurs spécialistes — on transporte les étudiants d'un bond au beau milieu des broussailles de la géologie, sans leur avoir permis d'examiner les chemins parcourus ni de s'orienter au milieu de cette vaste région toute neuve pour eux. N'oublions jamais

que les étudiants en géologie sont ordinairement plus que novices dans les sciences d'observation, sans compter que la géologie est parmi ces sciences la plus complexe et celle dont les horizons sont les plus vastes.

M. Cornet a parfaitement saisi cette première difficulté de l'enseignement géologique et, ce qui est mieux, il l'a résolue avec la lucidité — qualité maîtresse pour un professeur — qui préside à tous ses travaux et avec l'érudition qui porte à envier ceux dont l'initiation se fait à pareille école. Pour n'être pas flatteur, disons que l'influence du milieu a singulièrement aidé l'auteur à réaliser son plan. On ne pourrait concevoir un centre géologique plus heureusement situé que Mons : dans un rayon qu'atteignent les plus modestes excursions se trouve représentée presque toute l'échelle géologique. Le lecteur s'en rendra compte en relevant les exemples dont fourmillent ces leçons et qui pour la plupart se trouvent à la portée de l'étudiant montois. Encore est-il qu'il fallait grouper ces faits et en tirer le parti qu'on verra.

Les " notions " comprennent deux parties. M. Cornet les résume si nettement dans son avant-propos que nous ne pourrions pas les mieux faire connaître. Nous le citons, en soulignant simplement quelques mots plus frappants.

" La première partie a pour but de faire comprendre que la géologie est, avant tout, une science d'observation. Par des exemples concrets, *pris autour de nous*, nous faisons une esquisse rapide de la composition et de la structure de l'écorce terrestre, en marchant constamment *du connu à l'inconnu*, *du simple au complexe*, *du normal au modifié*, c'est-à-dire que, partant des dépôts qui se forment sous nos yeux, à la surface des continents ou sur les côtes maritimes, nous remontons la série des âges de l'histoire du globe en passant rapidement en revue la série des formations géologiques, depuis les alluvions des rivières actuelles et les dépôts de nos plages jusqu'aux terrains cristallins les plus anciens qui nous soient connus. Chemin faisant, nous profitons des occasions qui se présentent à chaque pas pour glisser dans notre exposé des notions d'une portée générale, sur les roches et les fossiles, sur la tectonique, sur les phénomènes de la dynamique terrestre, sur les rapports existant entre la composition et la structure géologique d'un pays et sa géographie; nous signalons en passant un certain nombre de gîtes minéraux et métallifères, nous faisons remarquer qu'ils appartiennent à plusieurs types différents et nous faisons comprendre que la géologie appliquée ne peut avoir pour base que

la géologie générale. Cette première partie est une sorte d'exposé, par voie synthétique, de la méthode de la géologie.

„ Dans notre seconde partie, nous crayonnons à grands traits les résultats généraux auxquels est arrivée la science de la terre. Alors que, dans la première partie, nous ne faisions guère que constater des faits et indiquer les problèmes dont ils nous fournissent les données, dans la seconde nous pénétrons sur le domaine des théories et des hypothèses, sans toutefois nous y engager trop loin et *sans perdre de vue l'opposition qui doit exister, dans toute science, entre les faits observés et la manière dont nous en comprenons l'origine et les causes.* „

Nous espérons que ces quelques lignes feront connaître avantageusement à nos lecteurs — et surtout à nos collègues — un livre dont nous apprécions hautement la conception didactique.

G. Schmitz, S. J.

XII

Cours d'exploitation des mines par Alfred Habets, professeur ordinaire de la Faculté technique de l'Université de Liége (École spéciale des Arts et Manufactures et des Mines). Tome II. Un volume in-8° de 651 pages et 380 figures dans le texte. — Bureaux de la Revue Universelle des Mines. Paris, H. Le Soudier, 1904.

Nos lecteurs (1) se rappellent que le premier volume de cet important ouvrage traitait : 1° *des Excavations souterraines et des travaux d'art;* 2° *du Transport et de l'extraction.*

Le tome II comprend six sections : 3° *Travaux de recherche et exploitation proprement dite;* 4° *Administration ;* 5° *Aérage, éclairage et sauvetage ;* 6° *Épuisement ;* 7° *Translation des ouvriers dans les puits ;* 8° *Manutention des produits à la surface.*

Après l'exposé des considérations relatives aux investigations d'ordre géologique, archéologique et autres dont l'étude doit précéder les travaux de recherche proprement dits, l'auteur traite de la question importante des sondages, et des différents systèmes employés suivant les circonstances : *sondages par*

(1) Revue des Questions scientifiques, janvier 1903, p. 302.

percussion et *sondages par rodage,* montrant, notamment pour les sondages à grande profondeur, les perfectionnements importants réalisés, les uns au point de vue de la vitesse d'avancement, les autres au point de vue de la précision des renseignements à obtenir quant aux conditions du gîte et à la nature des terrains de recouvrement.

Les travaux d'exploitation font naturellement l'objet d'un chapitre très développé où sont exposées les différentes méthodes à appliquer soit pour les exploitations à ciel ouvert, soit pour les exploitations souterraines. Tout d'abord l'aménagement général d'une exploitation souterraine doit faire l'objet d'une étude attentive ayant trait à divers ordres de considérations, parmi lesquelles figure le choix des méthodes d'exploitation. Celles-ci, vu leur variété et leur importance, sont décrites avec ampleur, notamment les exploitations *sans remblais* et *avec remblais,* comportant dans les deux cas les nombreuses variantes dont le choix doit être indiqué d'après les conditions du gisement et la nature des minerais à exploiter. Les méthodes appliquées aux couches de houille occupent une place importante et légitime dans cet exposé où, à côté des généralités sur chacun des systèmes, se trouvent des exemples judicieusement choisis, en vue de mieux fixer les idées. Les considérations relatives à l'influence de l'exploitation souterraine sur la topographie de la surface forment le complément naturel de cette section, puisque des mouvements du sol sont généralement la conséquence inévitable des excavations produites par les travaux miniers.

La section IV, *Administration,* comprend deux chapitres, qui bien que ne présentant pas un caractère absolument technique traitent de questions très connexes à la mise en rapport des gisements. D'abord, l'établissement du prix de revient. C'est plutôt de la comptabilité, mais c'est là que l'ingénieur chargé de la direction d'une mine trouve, si l'on peut dire, comme le miroir de son exploitation au point de vue de son rendement financier ; et tel point défectueux qui lui échappera en visitant ses travaux, ne manquera pas d'attirer son attention, si les tableaux et diagrammes des prix de revient avec tous les renseignements accessoires sont méthodiquement et soigneusement établis, tant pour le poste " frais généraux „ que pour la main-d'œuvre et les consommations.

C'est pourquoi les cédules mensuelles où les chiffres se groupent d'une manière à la fois simple et claire sont très utiles

au travail de la direction aussi bien qu'aux administrateurs. On ne peut qu'approuver l'auteur d'un cours d'exploitation des mines de donner, sur ce point, quelques indications à ses élèves appelés à participer quelque jour à la direction ou à l'exercer eux-mêmes. Il convient aussi d'enseigner les principes relatifs à l'évaluation d'une mine, problème si complexe, au sujet duquel un cours d'exploitation ne peut guère s'étendre longuement. Plusieurs auteurs ont traité d'ailleurs cette question d'une manière spéciale et très complète.

Le chapitre qui traite de l'administration ouvrière présente aussi son importance ; car il importe que l'ingénieur débutant ne se trouve pas de but en blanc en présence des nécessités actuelles ; il doit y avoir été initié à l'École, tout au moins d'une manière générale, par le professeur d'exploitation des mines, aussi bien que par le professeur d'économie politique. C'est ce qu'a très bien compris M. Habets, qui expose en outre d'une manière sommaire quelques considérations relatives au contrat de travail, au paiement des salaires, aux institutions patronales, aux logements ouvriers, aux magasins d'objets de consommation, à l'hygiène des mineurs, aux bains et lavoirs installés à la mine, aux soins médicaux, intellectuels et moraux. Tout cela, quand on le comprend bien, est lié à l'organisation industrielle et économique de l'exploitation et à son rendement.

En abordant la section V, il quitte cet ordre d'idées un peu spécial pour s'occuper des questions relatives à l'aérage, à l'éclairage et au sauvetage. Il s'agit donc des moyens basés sur la science et inventés par l'art de l'ingénieur pour rendre à ses coopérateurs ouvriers les travaux de la mine aussi hygiéniques et aussi sûrs que possible.

Depuis un demi-siècle, un progrès considérable a été réalisé de ce côté, favorable d'ailleurs au point de vue économique aussi bien qu'au point de vue humanitaire. Déjà des améliorations sérieuses avaient été obtenues plus anciennement. Mais c'est surtout le développement intense des exploitations charbonnières qui les a provoquées. " Nécessité est mère de l'industrie ". On le constate d'une manière très sensible en lisant les chapitres que l'auteur consacre à l'aérage et aux appareils ventilateurs volumogènes, déprimogènes et autres. Cette étude constitue une partie très importante de la science de l'ingénieur chargé de la direction d'une mine, et elle ne fera que prendre plus d'ampleur avec la profondeur croissante des exploitations. Aussi l'auteur

lui donne-t-il avec raison un grand développement dans son ouvrage.

Les questions relatives à l'éclairage et au sauvetage viennent naturellement à la suite de ce chapitre. Les différents systèmes de lampes sont examinés à différents points de vue et spécialement à celui de la sécurité dans les mines grisonteuses, où plus d'une fois de mauvaises lampes, mal construites ou mal entretenues, ont déterminé des inflammations et des catastrophes.

La section VI a pour objet l'*épuisement*. Aux considérations générales succède l'exposé des différents systèmes employés selon l'importance des venues d'eau, la profondeur des mines et les autres circonstances spéciales à chaque cas. Pompes, maîtresses-tiges, moteurs à traction directe, à balanciers ou à rotation, sont décrits amplement avec l'indication des avantages et des inconvénients de chaque système ; puis viennent les machines à colonne d'eau par transmission, les pompeuses souterraines mues par la vapeur et celles dont le travail est fourni par l'énergie électrique.

Pour beaucoup de mines, le poste " exhaure „ figure pour un chiffre important au prix de revient ; ce service doit être assuré de manière à faire face aux venues d'eau extraordinaires, parfois assez subites, qui compromettraient la sûreté et la bonne marche des travaux, si l'on ne disposait pas d'une bonne organisation et d'installations suffisamment puissantes.

La section VII concerne la translation des ouvriers dans les puits : échelles, câbles, fahrkunst. Il faut envisager ici à la fois la sécurité et l'effet utile. Tous les dispositifs spéciaux sont passés en revue, avec leurs avantages et leurs inconvénients ; de même que certains appareils de sûreté, tels que : évite-molettes, parachutes, etc... l'auteur prouve par la statistique que le degré de sécurité des fahrkunst et même des échelles est très inférieur à celui des câbles.

Enfin la huitième et dernière section se rapporte à la manutention des produits à la surface. Il ne s'agit pas ici de l'art du mineur proprement dit ; mais cette question a pris de nos jours un développement tel, au point de vue de la mise en valeur commerciale des produits de la mine, surtout en ce qui concerne les charbons, qu'un cours d'exploitation paraîtrait incomplet s'il n'en faisait l'objet d'un chapitre spécial. Les dispositifs employés sont tellement variés et nombreux qu'il faudrait des volumes pour les décrire. L'auteur se borne à l'exposé d'un certain nombre d'entre eux relatifs à l'emmagasinage, au chargement et

à la préparation mécanique ; il signale, parmi les plus récents, ceux qui sont réputés les plus perfectionnés, et termine par un chapitre non moins important : la fabrication des agglomérés, qui a pris tant d'extension de nos jours.

Nous ne terminerons pas le compte rendu de cet ouvrage sans faire ressortir de nouveau la clarté, la méthode et l'esprit pratique que nous avions tenu déjà à relever dans le compte rendu du premier volume.

Nous croyons devoir ajouter que, si cet excellent cours est appelé à rendre de grands services aux élèves du savant et distingué professeur de l'École de Liége, il sera lu aussi avec profit par les ingénieurs-exploitants plus anciens dans la carrière des Mines.

V. L.

XIII

Les Soins aux Malades. — Livre Ier. *Manuel élémentaire des hospitalières de San-Salvadour*, par le Dr Georges Surbled. Un vol. in-18 de 142 pages. — Paris, Société hospitalière de San-Salvadour, 1904.

Les Soins aux Malades. — Livre II. *Questionnaire élémentaire des hospitalières de San-Salvadour*. Un vol. in-18 de 206 pp. — Paris, Société hospitalière de San-Salvadour.

Il existe à Hyères, dans le Var, un sanatorium d'enfants sous le nom, de facture espagnole, de *San-Salvadour*. L'Administration en est à Paris-Auteuil. C'est là aussi que, sous la haute direction du Dr Surbled, sont formées non pas précisément des infirmières, mais des *hospitalières*, ce qui implique un degré d'abnégation et de dévouement qu'on ne saurait demander à de simples infirmières.

Les deux volumes ci-dessus — dont le second n'est que la reproduction du premier, mais sous forme catéchistique, autrement dit par demandes et par réponses — sont la reproduction du cours fait par le docteur aux apprenties hospitalières.

C'est, sous une forme élémentaire et à la portée de chacun, l'enseignement de tout ce que doit savoir une bonne hospitalière pour rendre son ministère pleinement efficace.

Le cours comprend quatre parties.

La première et la plus développée a pour objet l'Anatomie et la Physiologie. Elle comprend tous les organes, toutes les parties, toutes les fonctions du corps humain, soit sous la rubrique *Anatomie* s'il s'agit des os, des muscles, du système nerveux, de la circulation du sang, de la respiration, de la digestion et des organes des sens ; soit sous le titre de *Physiologie* s'il s'agit encore de ces mêmes fonctions se complétant par les phénomènes d'assimilation, de désassimilation, d'élimination et par un exposé détaillé de la vie de relation sous l'action du système nerveux et des cinq sens.

Dans la seconde partie est enseignée la Pratique hospitalière usuelle suivie de la part que doit prendre l'infirmière aux services généraux : pharmaceutique, médical et chirurgical. Ce qui domine dans cet enseignement, c'est l'esprit de dévouement, de sacrifice, de bienveillance, de *charité* en un mot, sur lequel doit reposer toute la pratique de l'hospitalisation.

Des notions d'hygiène générale, puis appliquée spécialement à l'hospitalière qui doit, plus que toute autre, observer " avec rigueur et conscience „ les règles de l'hygiène, vu le danger qui, de leur inobservance, peut résulter pour les malades confiés à ses soins — tel est l'objet de la troisième partie.

La quatrième se rapporte à un genre d'affection morbide spécial, mais dont les ravages sont incalculables. Il s'agit de la tuberculose et des tuberculeux, des différentes formes de cette terrible maladie, du traitement ou plutôt des traitements à lui appliquer suivant les cas, et des conditions particulières de l'hospitalisation des tuberculeux. Enfin un chapitre sur la *prophylaxie*, ou ensemble des mesures préventives contre le fléau, complète le très intéressant et très utile travail de M. le professeur Surbled.

Mentionnons, à la suite de la Table des matières et sous forme d'appendice, une *Notice* descriptive et indicative de l'établissement établi à Hyères (Var) sous le nom de San-Salvadour, et qui constitue un sanatorium à l'usage d'enfants de familles peu aisées mais pouvant faire quelques légers sacrifices pour éviter la banalité de l'hôpital proprement dit.

Nous n'avons mentionné qu'incidemment le second de ces deux volumes. Celui-ci, en effet, ne diffère du premier que par la disposition en demandes et réponses du même texte. L'adjonction des demandes et la multiplicité d'alinéas qui en résulte, expliquent les 64 pages dont le second dépasse le premier.

Nous ne saurions donner trop d'éloges à ces deux opuscules non seulement indispensables aux personnes qui se destinent à la carrière toute de dévouement de l'hospitalisation, mais encore éminemment utiles au sein de toutes les familles, nul n'étant exempt, dans notre pauvre nature, de payer un jour ou l'autre son tribut à la maladie.

C. DE K.

XIV

LES QUATRE ÉLÉMENTS : LE FEU, L'AIR, L'EAU, LA TERRE. HISTOIRE D'UNE HYPOTHÈSE, par le chanoine JACQUES LAMINNE, directeur du Séminaire de Saint-Trond. Un vol. in-8° de 194 pp. — Bruxelles, Hayez, 1904 (Extrait des MÉMOIRES COURONNÉS ET AUTRES MÉMOIRES publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LXV, 1904).

Nous ne pouvons mieux faire, pour donner à nos lecteurs une juste idée du contenu et de la portée de cet intéressant mémoire, que d'en emprunter l'analyse au rapport présenté, par Mgr Monchamp, à la Classe des lettres. Les pages que nous reproduisons sont extraites des BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE, nos 9-10, sept-oct., 1903.

Les philosophes de l'ancienne Grèce ont cherché à déterminer les principes des êtres matériels. Thalès enseignait que tous les corps dérivent de l'eau; Anaximène considérait l'air comme leur principe commun, Héraclite, le feu ; Démocrite reconnaissait deux principes premiers : les atomes et le vide; l'école de Zénon et celle d'Aristote admettaient quatre premiers éléments : le feu, l'air, l'eau et la terre. Seule, cette dernière doctrine, qui était également admise par Platon et par l'école de Pythagore, devait rencontrer l'adhésion des siècles suivants.

L'auteur du mémoire qui nous est soumis a entrepris d'en faire l'histoire. Après avoir indiqué son origine, que l'on fait généralement remonter à Empédocle, il s'attache surtout à l'exposer telle qu'elle a été conçue et développée par Aristote.

Il y a quatre éléments : le feu, l'air, l'eau et la terre ; et quatre premières qualités : le chaud, le froid, le sec et l'humide ou — peut-être plus exactement — le fluide. Chaque élément

possède deux qualités, grâce auxquelles il agit sur les autres éléments et ressent leur action. Sous l'action du Ciel, qui domine tous les phénomènes terrestres, s'engendrent ainsi les mixtes ou corps composés, qui contiennent tous, en proportion variable, le feu, l'air, l'eau et la terre.

Tel est le résumé de cette hypothèse, qu'on peut appeler à bon droit péripatéticienne, parce que Aristote, le premier, l'exposa d'une façon complète et raisonnée, et que c'est au philosophe de Stagire que l'empruntèrent les philosophes des siècles suivants.

L'auteur montre que, pour Aristote, cette hypothèse était fondamentale dans l'explication des phénomènes physiques, particulièrement en météorologie, — qu'elle rendait compte de la structure de l'Univers tel qu'on le concevait à son époque, — et qu'enfin il s'en servait pour l'explication des phénomènes physiologiques. En même temps qu'elle devenait prédominante dans la philosophie de la nature, l'hypothèse des quatre éléments était admise en médecine sous la forme des quatre humeurs : le sang, la pituite, la bile jaune et la bile noire, qui sont caractérisées chacune par la prédominance d'un des éléments. Cette doctrine fut enseignée dans l'école d'Hippocrate, plus tard par Galien, et régna en maîtresse dans les écoles de médecine jusqu'au XVIIe et même au XVIIIe siècle.

Après avoir fait connaître l'existence de l'hypothèse des quatre éléments dans l'antiquité, l'auteur en étudie le développement dans la philosophie du moyen âge, principalement chez les scolastiques à partir du XIIIe siècle. Il signale les questions qui ont été soulevées à cette époque au sujet de cette hypothèse et les divergences d'opinions auxquelles elle a donné lieu.

Dans le chapitre III, l'auteur recherche jusqu'à quel point l'hypothèse des quatre éléments a occupé une place dans les spéculations obscures et souvent puériles des alchimistes.

Nous sommes amenés ainsi à la fin du XVIe siècle, à l'éveil des sciences d'observation. Les découvertes de l'astronomie et de la physique vont porter de rudes coups à l'ancienne conception de l'univers : l'auteur fait connaître les controverses qui surgirent, les luttes entre les idées nouvelles et les anciennes, la victoire des premières.

Il étudie et apprécie l'attitude des philosophes péripatéticiens à l'égard des progrès scientifiques, et montre que, s'ils n'ont pas toujours tiré les conséquences qui en découlaient, ils ne les ont cependant pas ignorés, mais ont, au contraire, tâché de concilier

l'ancienne hypothèse avec les faits nouvellement découverts. Tel est l'objet du chapitre V.

Le chapitre VI est consacré à exposer les opinions sur les éléments des corps qui se trouvèrent, aux XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles, en lutte avec l'hypothèse traditionnelle, notamment les idées de Van Helmont, et surtout la théorie cartésienne des trois éléments. En même temps, l'auteur nous fait connaître jusqu'à quel point la doctrine d'Aristote conserva des partisans jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. A cette époque, les anciennes conceptions sur les éléments des corps furent remplacées — grâce surtout aux travaux de Lavoisier — par la doctrine des corps simples, qui règne encore aujourd'hui en chimie. C'est ce que l'auteur expose au chapitre VII de son mémoire.

Dans le VIIIe et dernier chapitre, après avoir constaté que les péripatéticiens du XIXe siècle ont appliqué aux corps simples de la chimie moderne, à ses réactions et à ses combinaisons, les principes que les anciens appliquaient aux quatre éléments et aux mixtes, l'auteur se demande si cette transposition a été légitime, et, après un examen approfondi de cette question, il y donne une réponse négative.

L'histoire des idées est de toutes les histoires la plus intéressante, surtout lorsqu'il s'agit de doctrines qui pendant des siècles ont régné sur l'intelligence humaine et qui, par leur caractère général, ont tenu une large place dans les conceptions scientifiques.

Telle est, sans aucun doute, la théorie des quatre éléments. Étroitement unie aux conceptions astronomiques, elle a été fondamentale en physique, et par la doctrine humoristique elle a été l'une des bases de la médecine ancienne.

Les historiens de la philosophie grecque signalent les opinions des sages de la Grèce sur les éléments des corps ; leurs enseignements en cette matière ont même été étudiés *ex professo* par Swellengrebel, Marc Pompée Colonne, Thomas Stanleius et d'autres; mais aujourd'hui que la philosophie d'Aristote a reconquis les préférences de bon nombre de savants, il n'était pas sans intérêt de faire une étude spéciale de la doctrine péripatéticienne sur les éléments des corps.

Aucun auteur, à notre connaissance, ne s'est occupé d'exposer avec quelque détail les idées des scolastiques en cette matière. On affecte plutôt de les ignorer. N'avons-nous pas vu les éditions de Suarez, de Sylvestre Maurus, de Gondin, dans lesquelles on a

éliminé ou renvoyé en appendice tout ce qui touche à l'ancienne physique ? C'est une grave erreur ; les différentes parties d'une philosophie se soutiennent et s'éclairent mutuellement. Il convient de n'en laisser aucune dans l'ombre.

Lorsqu'on parle des péripatéticiens du XVIIe et du XVIIIe siècle, on se contente généralement de formuler sur eux ce jugement sommaire: qu'ils se sont tenus en dehors du mouvement scientifique. L'auteur s'efforce de montrer que ce jugement est injuste, et la chose en vaut la peine.

Néanmoins, l'intérêt principal du travail qui nous est soumis réside dans le dernier chapitre, dans lequel l'auteur conteste que les principes péripatéticiens sur les réactions et les mixtes puissent s'appliquer aux phénomènes de la chimie, tels que nous les concevons aujourd'hui. Son jugement ne sera sans doute pas admis sans contradiction par les modernes disciples d'Aristote, mais la question est du plus haut intérêt. Elle n'avait pas encore, pensons-nous, été posée aussi nettement ni examinée aussi consciencieusement.

G. Monchamp.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

SCIENCES MILITAIRES

La préparation financière du Japon à la guerre (1). — Pour faire la guerre il faut beaucoup d'argent, et qui veut la faire doit se créer de longue date des ressources financières. Cette préparation, pour être moins apparente que celle qui concerne l'instruction de la troupe et des cadres, n'en est pas moins nécessaire ; à propos du Japon, c'est cette préparation que le professeur Karl Rathgen, d'Heidelberg, dont la compétence spéciale est universellement reconnue, nous montre dans un substantiel article paru en janvier dernier.

L'histoire financière du Japon se divise en trois périodes : la première, période de transition, s'étend de la Révolution de 1868 à 1881, elle est marquée par trois faits principaux : l'organisation de l'administration ; la transformation de l'impôt foncier en nature, qui formait les 80 à 90 p. c. des ressources de l'État, en un impôt en argent ; l'émission du papier-monnaie, lequel, d'abord favorablement accueilli, tomba à 55 p. c. de sa valeur nominale.

La seconde période, de 1881 à la guerre de Chine, est une période de coordination et d'affermissement. L'émission du papier-

(1) Die Woche, 16 janvier 1904 : *Japans finanzielle Kriegsbereitschaft*, von Professor Doktor Karl Rathgen. — Journal des Économistes, février 1904 : *Les Finances du Japon*, par Alphonse Millet. — Revue des Deux Mondes, 15 mars 1904 : *Le Japon et ses ressources dans la guerre actuelle*, par Pierre Leroy-Beaulieu. — The Nineteenth Century and after, avril 1904 : *Japan's Financial Position*, by O. Eltzbacher.

monnaie fut diminuée, de 140 millions de yens (1), sa circulation, en 1894, tomba à 13 millions; de nouveaux impôts, notamment sur les boissons alcooliques, furent établis en suivant une progression modérée. Malgré le développement des chemins de fer, la dette publique augmente peu. 261 millions de yens en 1893 au lieu de 247 en 1880; si l'on tient compte du retrait du papier-monnaie, on peut même la considérer comme considérablement diminuée.

A cette période de tranquillité succède, après la guerre de Chine, une période d'extrême expansion. La guerre avait coûté 235 millions de yens; on fit face aux dépenses par un emprunt de guerre de 125 millions de yens, par un prélèvement de 82 millions de yens sur l'indemnité chinoise et, pour le surplus, au moyen des ressources ordinaires. Même en tenant compte des intérêts de l'emprunt, 6 1/4 millions annuellement, et des frais inhérents à l'occupation de Formose, 57 millions de yens, la guerre de Chine ne peut être considérée comme ayant amené une perturbation dans les finances japonaises: mais, en portant à l'extrême l'amour-propre national, elle eut pour conséquence l'établissement d'un vaste programme de développement économique et d'agrandissement militaire. D'après ce programme, l'estimation des dépenses à faire était la suivante:

Armée	81 680 827	yens
Marine	213 100 959	„
Chemins de fer	107 818 194	„
Autres travaux publics	28 694 692	„
Total	431 294 672	yens.

L'on peut constater de quelle importance a été pour la présente guerre russo-japonaise la préparation financière du Japon. Depuis 1896, 242 millions de yens sont dépensés à l'extraordinaire pour l'armée et la marine, et les dépenses ordinaires montent de 18 millions, chiffre annuel avant la guerre, à 61 millions en 1903. A ces dépenses se joignent les dépenses d'ordre économique, notamment celles relatives à l'extension du réseau ferré et à la constitution d'une flotte marchande composée de

(1) Actuellement le *yen* vaut environ fr. 2,50; de 1872 à 1897 sa valeur n'a cessé de décroître par suite de la diminution progressive de la valeur marchande de l'argent. En 1897, 100 yens ne valaient pas plus que 75 yens de 1887, que 50 de 1872. Le Japon a conservé l'étalon d'argent jusqu'en 1897; depuis il a adopté l'étalon d'or.

bâtiments de fort tonnage. Ici encore on aperçoit des préoccupations militaires, le désir de se ménager l'emploi, en cas de guerre, de moyens de transport et de débarquement de grande puissance et de grande capacité.

Toutes ces réformes accrurent la dette publique qui, en 1903, atteignit plus de 500 millions de yens; cependant, malgré une crise monétaire due à la dépréciation du métal argent et qui amena à l'intérieur du pays le doublement des prix de beaucoup de marchandises et nécessita le relèvement des traitements des fonctionnaires, malgré une spéculation effrénée qui ébranla le monde des affaires, le Japon surmonta les difficultés financières, et les revenus de l'État s'élevèrent proportionnellement davantage que les dépenses. C'est ce que montre le tableau suivant :

	REVENUS yens	DÉPENSES yens
1883-1884 (1)	83 106 858	83 106 858
1893-1894	113 769 380	84 581 872
1903-1904	251 681 961	244 752 346

Les impôts indirects furent surtout augmentés ; ils furent quadruplés, alors que les impôts directs ne furent majorés que de moitié. On créa des droits de patente, on organisa les douanes et on fit en sorte que les villes, jusqu'alors très favorisées, contribuassent d'une façon plus équitable à supporter les charges publiques.

L'accroissement des impôts a été, en somme, considérable; mais beaucoup de gens compétents sont d'avis qu'un accroissement correspondant de la richesse publique le permettait et que l'état financier actuel du Japon ne lui défendait nullement de faire la guerre et même le rendra capable de la continuer. « Ce n'est pas, dit M. Pierre Leroy-Beaulieu, le manque d'argent qui a précipité la guerre, ce n'est pas davantage le manque d'argent qui l'arrêtera, d'ici longtemps du moins. Bien moins riche que les États de l'Europe occidentale et même que son colossal antagoniste, la Russie, le Japon peut réaliser cependant des ressources considérables. »

La majoration de l'impôt foncier, consentie pour cinq années en 1899, peut être maintenue. Lorsque cet impôt était payé en nature, il représentait 143 000 000 yens; il ne figure que pour 46 996 212 yens dans le tableau des recettes de 1903-1904; il

(1) L'année financière japonaise est comptée du 1er avril au 31 mars.

faut noter, en outre, que depuis trente ans la valeur productive du sol a augmenté dans le rapport de 3 à 1. On pourrait encore, dit le professeur Rathgen, frapper la bâtisse; ce serait, d'ailleurs, continuer la recherche d'un exact équilibre de charges entre les villes et les campagnes. Le monopole de l'État sur le tabac brut serait susceptible d'être transformé en monopole sur le tabac manufacturé et de nouveaux droits pourraient être établis sur le pétrole. Tout cela et quelques autres mesures de moins d'importance produiraient, d'après le professeur Rathgen, de 20 à 30 millions de yens de recettes annuelles correspondant à un emprunt de guerre de 400 à 600 millions de yens à 5 %.

Même si de très fortes sommes lui sont nécessaires, il semble que le Japon pourra se les procurer; s'il faut beaucoup d'argent pour préparer la guerre et beaucoup pour en payer les frais quand elle est finie, " pendant qu'elle dure, dit M. Pierre Leroy-Beaulieu, on trouve presque toujours des prêteurs, fissent-ils un peu l'usure, et des fournisseurs qui donnent des délais en se réservant de majorer leurs notes ".

Mais que coûtera la guerre ? Le professeur Rathgen parle d'un emprunt de 400 à 600 millions de yens, soit 1 à 1 1/2 milliard de francs; M. Pierre Leroy-Beaulieu estime qu'avec 700 à 800 millions de francs que le Japon pourra se procurer s'il n'arrive pas jusqu'à un milliard, il sera capable de soutenir la lutte toute la présente année et même au delà. Enfin un article publié sous l'anonymat dans le CORRESPONDANT (n° du 25 mars 1904) contient un calcul estimatif d'après lequel les dépenses militaires japonaises s'élèveraient pour six mois à 713 172 000 francs. L'avenir nous dira de combien ces supputations différeront de la réalité.

Les ballons dirigeables au point de vue militaire (1). — C'est Léonard de Vinci qui trouva et définit l'hélice appropriée à la navigation aérienne ; deux cents ans plus tard Fontenelle pressent l'aérostat que les frères Montgolfier réalisèrent il y a près d'un siècle et quart. De ce moment date la division en deux écoles distinctes de tous ceux qui prétendirent à la conquête de l'atmosphère : l'école " du plus lourd que l'air " et celle " du plus léger que l'air ", toutes deux ambitieuses non seulement

(1) REVUE DE PARIS, 1er juillet 1903 : *La Conquête de l'air*, Position actuelle du problème, par le Baron R. de Mauni. — v. LÖBELL'S JAHRESBERICHTE ÜBER DIE VERÄNDERUNGEN UND FORTSCHRITTE IM MILITÄRWESEN, XXX. Jahrgang 1903 — mars 1904, *Die Militär Luftschiffahrt.*

de permettre à l'homme d'être porté sur l'aile des vents, mais aussi de lui donner la faculté de se diriger à son gré dans l'espace.

L'invention des montgolfières fit tomber pour longtemps en discrédit la méthode du " plus lourd que l'air „ sans qu'il s'agît spécialement de la dirigeabilité. Si, d'une part, Navier affirmait que, par ses propres forces, l'homme ne parviendrait pas à s'élever au-dessus du sol, sa puissance musculaire étant bien en dessous de celle de l'oiseau (le 1/70), d'autre part on soutenait qu'aucune machine adjointe à un aérostat n'en rendrait possible la marche contre le vent ou même simplement les évolutions dans l'air calme, attendu qu'il se serait agi de développer une énergie relativement plus grande encore que l'énergie des meilleurs représentants de la gent volatile. Il est vrai qu'à cette époque les machines les plus perfectionnées ne pesaient pas moins de 100 kgr. par cheval.

Je n'examinerai pas l'état actuel de la question du " plus lourd que l'air „; on aurait, d'ailleurs, long à écrire sur tous les appareils, orthopèdes, hélicoptères et aéroplanes qui, avec plus ou moins de succès, ont été expérimentés dans ces dernières années. Qu'il me suffise de dire que d'importants progrès ont été récemment réalisés, autant dans les procédés de construction des appareils que dans leur expérimentation à laquelle on procède méthodiquement dans des aérodromes spécialement aménagés pour cet usage. Quant au principe vital de toute amélioration ultérieure, il a été nettement expliqué dans une note de M. Charles Renard (1), présentée le 23 novembre 1903 à l'Académie des Sciences de Paris par M. Maurice Levy, note dont j'extrais le passage suivant :

" La *sustentation permanente* d'un appareil plus lourd que l'air au moyen des hélices et des moteurs thermiques, pratiquement impossible avec des moteurs pesant 10 kgr. par cheval, commence à être réalisable avec les moteurs actuels dont le poids est descendu à 5 kgr. par cheval et même à un chiffre inférieur. Elle deviendra très facile avec des moteurs pesant 2 kgr. 500 par cheval, réalisables aujourd'hui.

„ Mais il faut pour cela employer des hélices d'un poids très réduit. Nous avons exécuté, à l'établissement de Châlais, au

(1) *Aviation.* Sur la possibilité de soutenir en l'air un appareil volant du genre hélicoptère en employant les moteurs à explosion dans leur état actuel de légèreté (COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 1903, nº 21).

moyen d'une machine spéciale, de nombreuses expériences sur les hélices sustentatrices et nous avons trouvé un type d'hélice qui permettra, quand on le voudra, d'enlever un appareil de cinq chevaux avec un excédent de force ascensionnelle de 8 kgr. à 10 kgr. „

Les appareils basés sur le principe du " plus lourd que l'air „ ne sont pas jusqu'ici susceptibles d'applications militaires; il n'en est pas de même des ballons dirigeables, dont la construction depuis trois ou quatre ans a été considérablement perfectionnée.

Tout le monde sait que les ballons non dirigeables ont déjà rendu de grands services en temps de guerre, notamment au siège de Paris en 1870-1871 et, beaucoup plus près de nous, lors de la guerre sud-africaine. Plus récemment encore, au cours de l'expédition de Chine, les aérostiers du corps français se sont livrés à des expériences de diverses natures : ascensions libre (une) et captives, marches avec le ballon gonflé et remorqué, transport du ballon gonflé sur jonques, franchissement de lignes télégraphiques, ponts de chemin de fer, ponts ordinaires et autres obstacles, etc. Ces expériences ont bien réussi et ont été des plus fructueuses. Les ballons non dirigeables présenteront toujours deux inconvénients, le premier, en cas d'ascension captive, de ne posséder qu'un champ d'observation relativement restreint, le second, beaucoup plus grave, en cas d'ascension libre, d'être d'un emploi des plus aléatoires ; aussi, le problème de la dirigeabilité des ballons préoccupe-t-il à juste titre les techniciens militaires. Dans l'utilisation des ballons dirigeables on voit le moyen de faire communiquer en toute sécurité les places assiégées avec le dehors ou de mettre en relation des détachements séparés par l'ennemi et il ne s'agit pas, en l'espèce, d'un simple échange de dépêches, réalisable, d'autre part, par la télégraphie sans fil ou les pigeons voyageurs, mais encore d'un va-et-vient de personnes pourvues de missions déterminées, va-et-vient de nature à prêter au commandement l'aide la plus précieuse. Les ballons dirigeables seraient aussi destinés à des reconnaissances à grande distance, surtout au début des hostilités et qui serviraient principalement à se rendre compte des opérations de la mobilisation : mouvements des trains, concentration des troupes, formation des grandes unités, emplacements de la cavalerie et des troupes de couverture, et à prévoir les premiers desseins offensifs de l'ennemi. Plus tard, au cours de la campagne, les ballons dirigeables remplaceraient dans certaines circonstances

les ballons captifs, par exemple, pour découvrir les lignes de retraite de l'adversaire, lignes de retraite dont la détermination — l'histoire des guerres en fait foi — est souvent longue et difficile par les moyens dont on dispose actuellement.

Le premier pas sérieux vers la dirigeabilité des ballons s'est effectué il y a environ un demi-siècle. En 1852 et en 1855, Henry Giffard se livra à des essais de navigation aérienne avec un aérostat de forme allongée, cubant 3000^{m^3}, gonflé au gaz d'éclairage, pourvu d'un moteur de trois chevaux-vapeur et du poids de 180 kgr. et d'une hélice servant de propulseur. Le ballon était susceptible d'une vitesse propre de $2^m,50$ par seconde. En 1872, Dupuy de Lôme avec un aérostat mû à bras d'homme parvient à obtenir une déviation de marche par rapport à la direction du vent ; en 1883 et en 1884, les frères Tissandier, faisant usage d'un moteur électrique, obtiennent une déviation un peu supérieure.

C'est le 19 août 1884 que les capitaines Renard et Krebs, directeurs du Parc aérostatique de Châlais-Meudon, exécutent le premier voyage aérien à courbe fermée. C'est une date mémorable dans l'histoire de la conquête de l'air. Le ballon, de forme allongée, cubait approximativement 2000^{m^3} et était pourvu d'un moteur électrique de huit chevaux pesant 400 kgr. Le parcours fut de deux lieues et s'effectua en 23 minutes.

Il s'écoula plusieurs années avant la réalisation de nouveaux progrès, et il fallut pour cela les incessants efforts auxquels on se livra dans le domaine de l'automobilisme pour arriver à diminuer de plus en plus le poids des moteurs. En effet, il n'en va pas autrement pour les ballons dirigeables que pour les appareils plus lourds que l'air ; la principale source de leur perfectionnement consiste dans l'allègement de plus en plus considérable des machines motrices.

A cet égard, le comte von Zeppelin mérite une mention particulièrement honorable pour avoir construit un aérostat pourvu de deux moteurs pesant, chacun, 325 kgr. et susceptibles de développer, l'un et l'autre, une force de seize chevaux au maximum. Le ballon du comte von Zeppelin fut expérimenté en 1900 ; c'est le Léviathan des ondes aériennes. Il ne mesurait pas moins de 128 mètres de longueur et $11^m,65$ de diamètre et jaugeait $11\,000^{m^3}$; ce sont là des dimensions et une capacité qui ne répondent nullement à des conditions d'utilisation militaire, à moins que, se mettant à chevaucher des chimères, on n'imagine que les armées se feront un jour la guerre dans les nues et que

les flottes d'un nouveau genre qui sillonneront le chemin des airs seront composées de navires grands et petits ayant des rôles multiples et distincts.

Les ballons que M. Santos Dumont commença à expérimenter en juillet 1901 sont en quelque sorte le contrepied du gigantesque aérostat du comte von Zeppelin ; d'ailleurs, ils semblent avoir été construits moins pour réaliser un progrès sensible sur les résultats précédemment acquis que pour remporter le prix Deutsch promis à l'aéronaute qui ferait, en 30 minutes au plus, le trajet, aller et retour, du parc de Saint-Cloud à la tour Eiffel ; il faut pour cela une vitesse, en air calme, de $5^{m},50$ par seconde, vitesse dépassée en 1884 par le ballon " La France „ des capitaines Renard et Krebs. Le premier ballon de M. Santos-Dumont n'avait qu'une capacité de 550^{m^3} et avait la forme d'un cylindre terminé par deux cônes ; l'invariabilité de la forme était assurée par un ballonnet à air, gonflé au moyen d'un ventilateur en aluminium. Le moteur, à pétrole, pesait 80 kgr. et était susceptible d'une puissance de seize chevaux, il actionnait une hélice de 4 mètres de diamètre à raison de 200 tours par minute.

L'année 1902 fut marquée par deux expériences malheureuses qui coûtèrent la vie au Brésilien Sevéro et à l'ex-officier saxon von Bradsky.

L'année 1903 est importante dans l'histoire de la navigation aérienne. C'est le 7 mai de cette année que le dirigeable Lebaudy, appelé " Le Jaune „ par les Parisiens à cause de sa couleur, fit sa première ascension. Ce ballon, de forme oblongue et conique et dont la rigidité est assurée au moyen d'un ballonnet intérieur à air, mesure 57 mètres de longueur et $9^{m},80$ de diamètre maximum, sa capacité est de 2284^{m^3} ; au ballon, coiffé d'une espèce de manteau adhérent, est suspendue une plate-forme ovale en étoffe incombustible, plate-forme qui supporte elle-même la nacelle. Cette nacelle de $4^{m},80 \times 1^{m},60$ est en fils d'acier et est recouverte d'une toile très solide ; tous les supports sont en fils d'acier et les moyens d'attache font l'objet d'une attention particulière. La plate-forme est munie d'une quille et d'un système de gouvernails assurant la stabilité de l'ensemble dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. Le moteur, à benzine, de quarante chevaux de force, actionne deux hélices en aluminium de $2^{m},80$ de diamètre et tournant à raison de 1000 tours à la minute. Le poids du système se décompose comme suit :

Enveloppe et ballonnet	480 kgr.
Plate-forme, quille et gouvernails	300 „
Nacelle, moteurs, hélices et accessoires	800 „
Personnel (3 unités) et vivres	300 „
Benzine, eau, lest	650 „
Total	2530 kgr.

La course la plus rapide accomplie par le ballon fut de 62 km., en 1 h. 41 m. (aller et retour); c'est une vitesse moyenne de 11 mètres par seconde; la course la plus longue fut de 98 km., en 2 h. 46 m. La plus grande force du vent qu'il ait eu à vaincre a été de 10 mètres par seconde. Le ballon demeura gonflé 6 mois 1/2 et, grâce à de faibles remplissages ultérieurs, continua à être capable d'ascensions.

Ce sont là de très grands progrès, tout à l'honneur des inventeurs français. Dans l'état actuel de la science, les ballons dirigeables sont déjà militairement utilisables, mais pour un emploi régulier et satisfaisant il conviendrait de réaliser un aérostat, du genre du ballon Lebaudy, d'environ 3000$^{m^3}$, et susceptible d'une vitesse propre dépassant 15 mètres par seconde. La question de la vitesse, intimement liée à celle du moteur, est des plus importantes : avec une vitesse propre de 10 mètres, impossible de naviguer plus de la moitié de l'année ; avec 16 mètres, plus des trois quarts. Pour obtenir 16 mètres au lieu de 10, il faut tripler la puissance du moteur ; celle-ci croît donc beaucoup plus rapidement que la vitesse. Il est vrai que l'on peut user de palliatifs; si, au cours d'une reconnaissance, la résistance du vent devient trop grande, on atterrit et l'on attend l'accalmie à l'endroit de l'atterrissage ou dans un autre; dans ce cas il est absolument nécessaire que l'aérostat soit facilement maniable et transportable.

La question de la vitesse ne dépend pas moins de celle du propulseur que de celle du moteur, et les expériences définitives concernant les meilleures formes et les meilleures dimensions des hélices n'ont pas encore été faites.

Il resterait beaucoup de points techniques à examiner, mais ce serait sortir du cadre de cette courte analyse. On peut espérer que l'année 1904 sera profitable à la navigation aérienne, à laquelle les organisateurs de l'Exposition de Saint-Louis ont réservé un intérêt spécial en instituant un prix de 500 000 francs que les inventeurs auront à se disputer.

B.

MINÉRALOGIE

—

Sur la cryolithionite, espèce minérale nouvelle, par N. V. Ussing, professeur de minéralogie à l'Université de Copenhague. — Tel est le titre d'un mémoire inséré dans le n° 1 du BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE COPENHAGUE, pour 1904.

Je veux bien admettre qu'une espèce minérale nouvelle — puisqu'elle constitue un composé naturel — a plus de titres à l'attention que la plupart des produits artificiels qui éclosent si nombreux tous les jours, dans les laboratoires, à l'appel des chimistes. Combien n'y a-t-il pas toutefois de ces minéraux nouveaux qui restent enfouis dans la plus profonde obscurité ! Il n'en sera pas ainsi de la *cryolithionite*, à laquelle on peut prédire une belle et même une brillante carrière. La Minéralogie a rarement le privilège d'inscrire à son état civil des individualités d'un ordre aussi intéressant et aussi important, à tous les points de vue, que cette nouvelle espèce chimique si bien étudiée par M. Ussing.

Au printemps de 1903, M. J. Thomsen, que ses travaux sur la Thermochimie ont rendu célèbre dans le monde savant, envoya à son collègue de la minéralogie à l'Université de Copenhague, un fragment de dimension notable d'un minéral presque limpide qui se trouvait renfermé dans un grand bloc de *cryolithe*. Le minéral en question avait été découvert par M. E. F. Edwards, ingénieur en chef des mines de cryolithe d'Ivigtut (Groenland). Un examen sommaire suffit pour constater qu'on avait affaire à une espèce minérale nouvelle, riche en lithium. M. Thomsen fit recueillir pendant l'été 1903 des quantités considérables de ce minéral dont l'étude pût être faite dans les meilleures conditions. Il lui avait attribué provisoirement le nom de *cryolithionite*. Cette dénomination, qui a l'avantage de rappeler la composition de cette substance et ses analogies avec la cryolithe, lui a été sagement conservée par M. Ussing.

La *cryolithionite*, dont je possède un échantillon grâce à la libéralité de M. Ussing, ne peut guère se distinguer extérieurement de la *cryolithe* proprement dite. Elle constitue, comme celle-ci, une masse blanche ayant l'aspect de la glace. Elle n'est d'ailleurs, au point de vue chimique, que de la *cryolithe* où la moitié du *sodium* est remplacée par du *lithium*. Elle répond à la formule $(Li_3Na_3)Al_2Fl_{12}$. On a la preuve qu'elle constitue une individualité chimique spéciale et non un mélange équimoléculaire

des deux fluorures doubles, lithique et sodique, correspondants $Li_6\ Al_2\ Fl_{12}$, $Na_6\ Al_2\ Fl_{12}$, dans le fait que sa dissolution dans l'eau ne modifie pas sa composition : elle en cristallise comme telle (1).

La cryolithionite appartient au système *cubique* : elle se présente en gros cristaux qui ont la forme de dodécaèdres rhomboïdaux qui atteignent parfois 17 centimètres de diamètre. Il est assez remarquable que par ses propriétés cristallographiques elle n'offre que peu de relations avec la cryolithe. Elle est plus fusible et moins dense que celle-ci.

	Fusibilité	*Densité*
Cryolithe	920°	2,9
Cryolithionite	710° (2)	2,7

Sa densité est comprise entre 2,5 et 3.

La *cryolithionite* constitue le minéral connu aujourd'hui le plus riche en lithium ; elle en renferme 5,35 °/o, ce qui correspond à 11,4 °/o de lithine, $Li_2\ O$, selon l'analyse qui en a été faite. Il n'est pas inutile d'indiquer à cette occasion la composition de quelques minéraux lithifères.

	Teneur maxima en lithine, $Li_2\ O$, *fournie par l'analyse*
Eucryptite, $Li\ Al\ Si\ O_4$	10,9
Amblygonite, $Li\ Al < \begin{matrix} PO_4 \\ Fl \end{matrix}$	9,8
Triphyllite, $Li\ Fe\ PO_4$	9,8
Spodumène, $Li\ Al\ Si_2\ O_6$	7,6
Lépidolithe	5,9
Pétalite, $Li\ Al\ Si_4\ O_{10}$	4,2
Zinnwaldite	3,4

Le *lithium* fait partie du groupe des métaux alcalins. C'est l'élément solide dont le poids atomique 7 est le plus faible ; c'est aussi le plus léger, sa densité 0,59 fait qu'il surnage alors

(1) 1 gramme de cryolithionite se dissout dans 1350 grammes d'eau à 18°. — La cryolithe est moins soluble, elle nécessite, à 12°, 2730 parties d'eau pour se dissoudre.

(2) Les composés *mixtes* se font en général remarquer par leur *fusibilité*, plus grande que la fusibilité moyenne des composés simples correspondants. Il est probable que la cryolithe simplement *lithifère* $Li_6\ Al_2\ Fl_{12}$ a un point de fusion inférieur à 920°, mais plus élevé que 710°.

qu'on l'introduit dans l'huile minérale. C'est un corps doué des propriétés les plus remarquables. Chauffé, il brûle dans l'hydrogène et dans l'azote; la solubilité de son chlorure dans l'alcool et l'éther, autant que l'insolubilité relative dans l'eau de son phosphate et de son carbonate, l'éloigne de ses congénères, le sodium et le potassium.

On peut croire que l'on a trouvé dans la *cryolithionite*, qui paraît être abondante dans les dépôts de cryolithe au Groenland, une mine féconde de cet élément si intéressant, le lithium, que sa rareté et l'élévation de son prix ont écarté, jusqu'ici, de la généralité des laboratoires de chimie, et dont l'étude promet de si intéressantes découvertes.

Si la *cryolithionite* s'éloigne cristallographiquement de la cryolithe, elle se rapproche en revanche des *grenats*.

Il y a dans la comparaison des formules de ces divers corps comme dans celle de la calcite par rapport au nitrate sodique,

Calcite	$Ca\,C\,O_3$	> rhombiques
Nitrate sodique	$Na\,N\,O_3$	
Cryolithe	$Na_6\,Al_2\,Fl_{12}$	
Cryolithionite	$(Li_3\,Na_3)\,Al_2\,Fl_{12}$	
Cryolithionite	$Al_2\,Na_3\,Li_3\,Fl_{12}$	
Grenat	$Al_2\,Ca_3\,Si_3\,O_{12}$	

matière à des réflexions du genre le plus intéressant sur la relation qui existe entre la forme cristalline et la composition chimique d'une part, sur les analogies que l'on constate entre des éléments de familles naturelles distinctes d'autre part. Une fois de plus, on voit ici le *fluor* se rapprocher de l'*oxygène*, et le *sodium* du *calcium*.

LOUIS HENRY.

MINES

—

Le Bassin houiller du Nord de la Belgique. — Depuis l'époque (janvier 1903) où nous avons exposé dans cette REVUE l'état de la question (1), au sujet de cette importante découverte,

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1903.

son étude a fait un grand pas, et les résultats des travaux de recherches ont reçu la publicité qui ne pouvait leur être donnée alors.

Les Annales des Mines de Belgique y ont surtout contribué, la direction de cette intéressante revue ayant cru devoir créer un chapitre spécial, dans chacune de ses livraisons, où des mémoires, notes et documents, présentant un caractère officiel, fournissent des renseignements précis, à côté des études spéciales qu'y ont consacrées plusieurs de ses collaborateurs (1).

L'étude de M. Denoël, ingénieur au Corps des Mines, a pour but de grouper, sous une forme condensée, les renseignements relatifs au terrain houiller, de manière à permettre d'embrasser rapidement les résultats acquis et de se rendre compte de l'ensemble des conditions du gisement. Sur une carte dressée à l'échelle de 1/160 000, il a rassemblé les principaux renseignements fournis par les sondages en employant un système de notations qui donne, pour un point donné, les chiffres et indications les plus intéressants. Il trace en même temps le raccordement présumé des différents faisceaux de couches de houille, qu'il groupe en cinq zones, tenant compte à la fois de la teneur des charbons en matières volatiles, de la nature et de l'épaisseur des stampes, et des caractères paléontologiques. Ce raccordement en plan est complété par deux coupes, suivant la longueur et la largeur du Bassin, qui indiquent, d'une manière générale, les grandes ondulations qui l'affectent, pour autant qu'on puisse s'en rendre compte d'après les forages effectués. Les coupes de ceux-ci sont reproduites dans un tableau synoptique avec leur classement d'après la nature des charbons des différents faisceaux recoupés.

Bien que les soixante-trois sondages effectués jusqu'ici " ne constituent, pour la carte souterraine de la Campine, que les sommets d'une triangulation effectuée sans plan préconçu ", l'interprétation rationnelle des résultats qu'ils fournissent permet de déduire des conséquences intéressantes quant à la stratigraphie du Bassin, à sa composition, à sa richesse.

C'est ce que fait l'auteur dans un exposé très complet et très documenté, dont nous ne pouvons donner ici qu'un résumé succinct. Dans le faisceau I, en commençant par la partie supérieure qui correspond aux sondages les plus septentrio-

(1) *Le Bassin houiller de la Campine*, par Kersten, Annales des Mines de Belgique, 1903, 1re livraison.

naux, la teneur en matières volatiles des charbons ne descend pas en dessous de 35 p. c., et la richesse moyenne de charbon exploitable est de 1 m. 60 pour 100 m. de terrains traversés ; le faisceau II donne une richesse en charbon de 3 m. 20 pour 100 m., avec des couches dont la teneur en matières volatiles est de 30 p. c. et plus ; le faisceau III est caractérisé par la richesse plus élevée en charbon, soit en moyenne 4,8 p. c. La qualité varie des charbons à coke proprement dits (20 à 25 p. c. de matières volatiles) aux charbons gras à longue flamme et aux charbons à gaz. Le faisceau IV voit se réduire à 2 p. c. la richesse en charbon exploitable, de la nature des charbons gras à diverses teneurs en matières volatiles. Une stampe stérile de 160 à 200 m. sépare le faisceau IV du faisceau V, où la proportion de charbon exploitable descend à 1,05 p. c., avec des teneurs en matières volatiles variant de 12 à 23 p. c.

Quant à la distribution géographique, la partie du Bassin comprise dans la province de Limbourg paraît être, d'après l'état actuel de nos connaissances, beaucoup plus favorisée, sous tous les rapports, que celle qui gît dans la province d'Anvers.

L'allure générale du Bassin, de direction est-ouest dans la plus grande partie du Limbourg, s'infléchit graduellement vers le nord en gagnant la province d'Anvers. L'inclinaison générale se fait en plateures vers le nord ou le nord-est, modifiée en certaines régions par des plis anticlinaux ayant une direction sud-ouest — nord-est ; ce qui donne lieu à la formation de plusieurs fonds de bateaux, et en certains points, des pentes en dressants.

Il existe aussi des fractures, car bien que moins affecté que le Bassin du Hainaut et de la province de Liége par l'influence des poussées du midi, il est peu probable que des accidents tectoniques de cette nature ne s'y rencontrent pas. Mais ces dérangements n'ayant jusqu'ici été rencontrés qu'en des points isolés, l'auteur a cru préférable de baser, uniquement sur l'hypothèse des plissements, le tracé de raccordement des divers groupes de couches. On peut évaluer à 2500 m., dont 1800 m. productifs, l'épaisseur du terrain houiller sur laquelle ont porté les recherches. La puissance moyenne des couches exploitables est de $0^m,77$, en prenant comme minimum $0^m,40$ d'épaisseur en charbon.

Le nombre de couches exploitables est de quarante-six, représentant une épaisseur totale en charbon de 36 m. La richesse moyenne est de 2 m. par 100 mètres.

En adoptant comme limite possible aux travaux miniers la

profondeur de 1500 m., on aurait actuellement reconnu, pour la province de Limbourg, une richesse en charbon évaluée à 7000 millions de mètres cubes, ce qui, en tenant compte des déchets d'exploitation, représente au moins autant de tonnes, et, pour la province d'Anvers, 1000 millions de mètres cubes : soit au total 8000 millions.

Les houilles à gaz et à longue flamme interviendraient dans ce chiffre, en moyenne pour les deux tiers ; les houilles grasses, pour 30 p. c. et les demi-grasses pour 5 p. c. seulement. Or, ce sont précisément les houilles grasses et les houilles à gaz, si importantes au point de vue industriel, qui se font de plus en plus rares dans les anciens bassins belges. Et ces couches se rencontrent surtout dans la partie du Bassin limbourgeois comprise entre les bases des faisceaux I et III, qui est la partie la plus riche et sans difficulté extrême d'accès. C'est donc dans la région occupée par cette zone du houiller que se feront probablement les premières tentatives d'exploitation, l'épaisseur des morts-terrains ne dépassant généralement pas celle que l'on peut espérer franchir avec succès.

En terminant ce compte rendu, nous croyons devoir relever tout l'intérêt que présente le travail si intéressant et si méthodique de M. l'ingénieur Denoël, pour tous ceux que préoccupe à un titre quelconque l'état des recherches et des études du bassin houiller du nord de la Belgique. — Ils estimeront aussi que le Comité directeur des Annales des Mines de Belgique a vraiment satisfait — et avec un plein succès — leur desideratum, en créant une rubrique spéciale où l'on trouve tous les faits nouveaux et des notices particulières très bien étudiées sur cet objet important qui intéresse au plus haut point l'avenir de notre industrie nationale.

La galène dans le terrain houiller (1). — On rencontre fréquemment la pyrite de fer dans le terrain houiller, où elle semble affectionner parfois certaines assises et les roches encaissantes de couches où son abondance constitue même un caractère distinctif. Il est rare d'y trouver d'autres métaux à l'état de sulfure (2). On vient cependant de rencontrer la blende gisant

(1) Annales de la Société géologique de Belgique. — *Mémoires.* — J. Smeysters.

(2) On trouve la galène associée à la blende et à la pyrite dans des fractures du terrain houiller inférieur, notamment aux mines du Bley-

sous forme de filon dans les travaux de deux charbonnages du Bassin de Charleroi (Charbonnages d'Amercœur et Charbonnages réunis de Charleroi), à deux niveaux stratigraphiques différents, quoique appartenant au faisceau dit des Couches du Gouffre. Les fractures renfermant ce minéral mesurent de $0^m,15$ à $0^m,24$ d'ouverture et se rencontrent dans des roches de nature gréseuse. Les cristaux de PbS sont associés à des cristaux de quartz, de calcite, de pyrite et même de blende. C'est la première fois que la présence de la galène est signalée dans le terrain houiller productif de Charleroi.

Les relations génétiques entre les différents bassins houillers belges (1). — Ce n'est pas d'aujourd'hui que ce problème se pose à l'attention des géologues. Il a été plus d'une fois l'objet de leurs études, soit au sein des sociétés géologiques, soit dans les publications scientifiques ou autres travaux spéciaux. La découverte du gisement houiller du nord de la Belgique est venue raviver l'intérêt scientifique que présente cette question, et. bien que les recherches par sondages n'aient pas encore permis d'établir d'une manière bien complète les conditions géologiques du nouveau bassin, ce que l'on en connaît jusqu'ici autorise à émettre tout au moins des aperçus, quant aux rapports qui le lient, au point de vue de l'origine, avec les anciens bassins belges et en même temps c'est une occasion de reprendre, avec de nouveaux éléments, l'étude des conditions dans lesquelles se sont produites les formations houillères de notre pays.

C'est à ce problème que s'attache M. le professeur Stainier, dont les travaux sur le terrain houiller sont bien connus. On sait quel esprit sagace d'observation il y apporte, en même temps qu'un rare esprit d'invention qui cherche à reconstituer, d'une manière rationnelle, l'histoire des phénomènes géologiques, tout en ne tirant des faits constatés que les conclusions permises par la méthode spéciale à la science géologique où les hypothèses doivent souvent jouer un rôle important, en attendant que de nouvelles observations viennent les confirmer ou les modifier.

C'est dans cet ordre d'idées qu'il aborde l'étude des relations

berg, près d'Aix-la-Chapelle. — D'autre part, la millerite, sulfure de Nickel (Ni S), a été rencontrée au charbonnage de Hazard, à Micheroux, tapissant les parois de géodes, dans les assises du houiller productif.

(1) Annales des Mines de Belgique, 1904, t. IX, 2e livraison.

génétiques entre les différents bassins houillers belges. Il les groupe en trois régions :

1° Le Bassin houiller de la Campine ;

2° Le Bassin de Namur-Liége-Hainaut ;

3° La série des bassins secondaires qui font partie de ce que les géologues ont dénommé le Bassin de Dinant. " Poser nettement le problème, apporter et réunir les matériaux pour sa solution ", tel est le modeste but de l'auteur.

Abordant l'étude des Bassins de Namur et de Dinant, il expose les arguments qui permettent d'établir que les bassins épars et de peu d'étendue du houiller dans le Bassin de Dinant (Anhée, Florennes, Modave, Assesses, Thenx, Bioul), ne formaient, à l'origine, qu'un seul et même bassin ; et que tous ces lambeaux ne sont que des restes et des témoins d'une vaste et unique formation bien plus étendue. Celle-ci faisait partie de la formation houillère du Bassin de Namur ; et la vaste cuvette où allaient s'empiler les sédiments houillers était unique, tant pendant la période carbonifère que pendant l'époque antérieure, depuis la base du dévonien moyen. Les preuves les plus péremptoires sont exposées à l'appui de cette thèse.

Ceci établi, quels sont les rapports des Bassins sud (Namur-Dinant) avec le Bassin de la Campine ?

Les données du problème sont ici moins complètes, mais elles permettent néanmoins des aperçus intéressants. Nous savons notamment que, si sur le territoire belge on ne peut établir de connexion directe entre les deux bassins dans leur manière d'être actuelle, il est acquis que, tout au moins pour leur étage inférieur, le Bassin de la Campine et celui du sud viennent en contact par l'intermédiaire du houiller du Limbourg hollandais : celui-ci étant en communication, par le houiller inférieur, avec le Bassin de Liége-Herve, et par suite avec tout le Bassin du sud. Les bombements de Gemmenich et de Samson ne peuvent infirmer cette conclusion. La liaison entre le Bassin du nord et le Bassin du sud étant établie vers l'est, il reste à poser cette question : " Le terrain houiller s'est-il étendu jadis par dessus le Brabant et les Flandres, mettant en communication de ce côté le Bassin houiller de la Campine avec celui de Namur-Liége-Hainaut ? "

Ici, le champ reste encore, à l'heure actuelle, livré à l'hypothèse, les données n'étant pas suffisantes pour permettre d'élucider la question. Aussi l'auteur se borne-t-il à formuler des conjectures. Il estime que, tout au moins pendant la période du houiller inférieur, le centre et le sud de la Belgique ont dû être

le siège d'une vaste formation houillère qui, vraisemblablement, se réunissait au Bassin de la Campine. Des phénomènes de plissement puis d'érosion auraient provoqué le démembrement de la vaste cuvette carbonifère belge. D'après lui, la séparation se serait produite après la période du houiller inférieur. Et à l'appui de cette thèse, il cherche à reconstituer les grandes lignes de la géographie physique de notre pays aux époques géologiques qui correspondent à nos formations carbonifères.

Dans cette étude il s'appuie notamment sur certains caractères lithologiques spéciaux aux roches qui constituent les différents bassins houillers belges, à différents niveaux. Ainsi, d'après lui, c'est vers l'époque de la formation du poudingue houiller, qui sépare le terrain houiller inférieur (H^1) du terrain houiller productif (H^2). que se seraient produites les premières tendances qui ont été suivies du ridement hercynien. C'est antérieurement à ce mouvement que la cuvette qui englobait le Bassin du nord et le Bassin du sud, aurait commencé à se subdiviser.

Le soulèvement de l'axe siluro-cambrien du Brabant se serait produit ensuite " entraînant au dehors des eaux l'épais manteau de roches dévoniennes et carbonifères qui le masquaient „. En même temps se soulevait la crête silurienne du Condroz, séparant le Bassin de Namur du Bassin de Dinant.

Les érosions subséquentes sont venues achever ce travail de transformation du facies de notre sol, dont la physionomie actuelle aurait donc été ébauchée avant même que les plissements hercyniens aient produit toutes leurs conséquences sur la tectonique de nos terrains primaires.

Cette partie du travail que nous analysons, tout au moins le chapitre qui concerne la géographie régionale des Bassins houillers belges, ne permet pas de tirer des conclusions scientifiquement acquises ; la modestie bien connue du savant professeur Stainier le garde d'ailleurs contre des affirmations prématurées. Aussi présente-t-il ses recherches sur la reconstitution de la géographie ancienne, comme des indications pour des recherches futures qui viendront infirmer ou confirmer ses conclusions. En attendant, tous les géologues qui s'intéressent à la partie de la science qu'il affectionne tout particulièrement lui sauront gré d'avoir publié son travail où se manifestent une fois de plus les qualités qui distinguent leur éminent collègue.

V. Lambiotte.

NÉCROLOGIE

—

G. SALMON. — G.-G. STOKES. — PROSPER HENRY
O. CALLANDREAU. — L. CREMONA. — H.-M. STANLEY

G. Salmon. — Le mathématicien irlandais, G. Salmon, né à Dublin le 25 septembre 1819, y est mort, dans sa quatre-vingt-cinquième année, le 22 janvier dernier.

Nommé professeur à l'Université de sa ville natale, à l'issue même de ses études, il publia au cours de ce premier enseignement ses mémoires originaux et ses traités classiques qui, depuis près d'un demi-siècle, jouent un rôle important dans l'enseignement et le développement des méthodes de la théorie des formes algébriques et de la géométrie analytique. Son *Traité des sections coniques*, ses deux *Traités de Géométrie analytique* et ses *Leçons d'Algèbre supérieure* ont été traduits dans la plupart des langues d'Europe et sont entre toutes les mains. Ils valurent à leur auteur la médaille royale et les médailles de Copley et de Conyngham. Nommé professeur de théologie protestante, en 1866, au *Trinity College* de Dublin, c'est aux sciences sacrées que George Salmon appliqua dès lors presque exclusivement son activité.

G.-G. Stokes. — La REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES a publié, dans sa livraison du 15 janvier 1904, une excellente étude sur *La Vie et l'Œuvre de sir George Gabriel Stokes*, par M. Marcel Brillouin, suivie de la liste bibliographique des œuvres de l'illustre savant. Nous renvoyons à cet article ceux qui désireraient lire une analyse autorisée de ces travaux qui traitent des problèmes les plus élevés de la Mécanique des fluides et de la Physique mathématique, et nous nous bornons à reproduire ici quelques lignes relatives à la vie de leur auteur.

" Sir George Gabriel Stokes, fellow of Pembroke College, Lucasian professor of Mathematics in the University of Cambridge depuis 1849, qui est mort le 12 février 1903, était né à Skreen, dans le comté de Sligo, en Irlande, le 13 août 1819 ; il devint membre de la Société Royale de Londres en 1851, obtint la médaille Rumford en 1852, et depuis lors toutes les Sociétés savantes et les Académies du monde entier tinrent à le compter

parmi leurs membres. Il avait succédé, comme Associé étranger de l'Académie des Sciences, à Weierstrass le 19 février 1900.

„ Au commencement de juin 1899, l'Université de Cambridge célébra son Jubilé avec la plus grande solennité, en présence des délégués de plus de soixante académies et universités. Un volume de Mémoires importants, publié à cette occasion par la Société philosophique de Cambridge, contient un beau portrait de Stokes et la médaille frappée en son honneur. Deux bustes de lui furent inaugurés, l'un à l'Université, l'autre à Pembroke College où il était entré jeune homme soixante-deux ans auparavant, en 1837. Stokes portait vaillamment ses quatre-vingts ans. C'était alors un petit vieillard sec et vif, au regard pénétrant. Sa surdité, malheureusement presque complète, ne l'empêchait pas, l'année suivante, lors de l'Exposition universelle, de s'aventurer au milieu de la cohue qui avait pris possession de Paris ; il était resté un marcheur presque infatigable. Sa lucidité d'esprit et ses facultés inventives paraissent s'être conservées jusqu'à son dernier jour.

„ L'Université lui fit d'imposantes funérailles ; son cercueil fut porté autour de la cour de Pembroke College, suivant l'antique coutume réservée aux Maîtres. Un long cortège, comprenant le clergé, les fellows du College, les anciens fellows et jusqu'aux undergraduated, rejoignit, près de la grande Église Sainte-Marie, un autre cortège parti de Senate-House, où se succédaient le Vice-Chancelier, les directeurs, docteurs, professeurs, etc. et d'innombrables représentants des Sociétés savantes du monde entier, venus pour l'accompagner jusqu'au Mill Road Cimetiere, et lui dire un dernier adieu. Telle était la place tenue par Stokes dans la Science anglaise que plusieurs de ses admirateurs avaient désiré pour lui le suprême honneur de Westminster. „

Stokes était chrétien. Dans ses conférences *Sur la lumière* (trois petits volumes 1883-1887), où le savant professeur " explique avec une merveilleuse aisance la théorie des ondulations, la fluorescence, la polarisation rotatoire, les applications astronomiques de la spectroscopie, l'effet des radiations sur la vie terrestre „, on lit cette profession de foi chrétienne : " Comme chrétiens, nous croyons que Dieu nous a été révélé, comme cela n'avait jamais eu lieu auparavant, par cet Être Divin qui emprunta notre nature et résida parmi nous, plein de grâce et de vérité. La grandeur de l'Univers nous montre quelque chose de la grandeur de l'Auteur ; mais lorsque nous étudions le

caractère du Fils, image de l'invisible Dieu, nous apprenons, comme on ne l'avait jamais appris auparavant, que Dieu est Amour. „

Dans ces mêmes conférences, après avoir indiqué comme favorable à l'idée de création le fait que les corps célestes n'ont pas toujours existé tels que nous les voyons, Stokes s'attaque au problème de la vie. S'appuyant sur un article de Sir W. Dawson sur les transformations de la vie dans les temps géologiques, pour repousser le point de vue transformiste, il ajoute : " Contentons-nous de remarquer que, si, pour l'origine première de la vie sur la Terre, la science est impuissante à en rendre compte, et si nous devons avoir recours à quelque cause ultra-scientifique, il n'y a rien d'antiphilosophique dans la supposition que cette cause ultra-scientifique ait pu agir aussi dans la suite „. Passant à l'étude de l'œil, puis des êtres vivants, et y trouvant la manifestation évidente d'un plan, par conséquent d'un esprit ordonnateur, Stokes en conclut l'existence de l'Être incréé, de celui qui a dit à Moïse : " Réponds aux enfants d'Israël : *Je suis* m'a envoyé vers vous. „

C'est là un écho des convictions spiritualistes et des sentiments religieux dont se font gloire les plus illustres parmi les savants anglais. G. J. Romanes, connu du grand public surtout par ses deux livres *Darwin and After Darwin* et *Examination of Weismannism*, en fait la remarque dans son petit traité, si intéressant, *A Candid Examination of Religion* (1). " When I was at Cambridge, dit-il, there was a galaxy of genius in that department (celui des sciences mathématiques) emanating from that place such as had never before been equalled. And the curious thing in our present connexion is that all the most illustrious names were ranged on the side of orthodoxy. Sir W. Thomson (aujourd'hui lord Kelvin), Sir George Stokes, Professors Tait, Adams, Clerk-Maxwell and Cayley — not to mention a number of lesser lights, such as Routh, Todhunter, Ferrers, etc. — were all avowed Christians. „

Prosper Henry. — Nous empruntons la notice suivante au discours prononcé par M. O. Callandreau (2) aux funérailles de

(1) *Thoughts on Religion*, by the late George John Romanes, M. A., LL. D., F. R. S., edited by Charles Gore, D. D., bishop of Worcester. Ninth Impression. Longmans, Green and Co, London, 1902, p. 137.

(2) Bulletin astronomique, t. XXI, février 1904 : *Discours prononcés aux obsèques de Prosper Henry*, par MM. Adam, Laussedat, O. Callandreau et Ch. Trépied, pp. 49-58, avec portrait.

Prosper Henry dont le nom restera attaché, avec celui de son frère Paul, à l'œuvre astronomique la plus grandiose du XIXe siècle, la Carte photographique du Ciel.

Né le 10 décembre 1849, à Nancy, Prosper Henry est entré à l'Observatoire de Paris le 1er mars 1865, comme attaché au service météorologique. Son frère Paul en faisait déjà partie depuis un an. Les deux frères sont nommés aides-astronomes en même temps, le 3 juin 1868. Le titre d'adjoint vient en 1876 ; la nomination de Paul est du 5 mai, celle de Prosper est du 29 août. C'est dans l'intervalle de 1868 à 1876 que les deux frères prennent conscience de leur vocation astronomique. Après quelques tentatives pour polir les verres, ils réussissent un miroir de $0^m,30$ d'ouverture, et, avec lui, dans leur petit logement de Neuilly, au moyen d'une horloge d'occasion, construisent une carte écliptique. M. Delaunay, qui était alors Directeur, mis au courant, n'hésite pas à les faire passer de la Météorologie à l'Astronomie et leur confie, le 1er juillet 1871, les équatoriaux du jardin ; la découverte d'une petite planète, Liberatrix, qui empruntait son nom aux circonstances, inaugure une série de découvertes auxquelles donna lieu naturellement la Carte écliptique, travail de longue haleine que Chacornac avait commencé et qui par la suite devait donner l'idée de l'entreprise bien plus vaste de la Carte du Ciel, à laquelle les noms des deux frères sont attachés pour jamais.

Jusqu'en 1884, comme il ressort des rapports annuels de l'amiral Mouchez, l'exécution de la Carte écliptique demeure leur principale préoccupation ; le travail devient de plus en plus difficile, par les anciens procédés d'observation, à l'approche de la voie lactée. En outre, nombre d'observations réputées délicates sont obtenues, comme celles des satellites d'Uranus et de Neptune. A chaque opposition, des dessins à grande échelle des planètes Mars, Jupiter, Saturne, Uranus sont collectionnés avec soin. En 1882, l'observation du passage de Vénus au Pic du Midi, le 6 décembre, dans une saison très rude, leur fit courir les plus grands dangers ; à peine arrivés à cette altitude élevée, une violente tempête accompagnée d'abondantes chutes de neige rendit tout ravitaillement impossible pendant quelques jours et fallit avoir des suites tragiques.

C'est dans le Rapport pour 1884 que l'amiral Mouchez prévoit, avec une ferme confiance, d'après les résultats favorables obtenus pour plusieurs amas, la solution du problème longtemps cherché de faire la Carte du Ciel avec la photographie.

MM. Henry eurent alors en effet l'idée de recourir à la photographie pour surmonter les difficultés que présentait la construction de la Carte écliptique aux environs de la voie lactée. Dès les premiers essais, avec un objectif de six pouces spécialement construit, ils obtinrent de très remarquables épreuves de plusieurs groupes d'étoiles, de l'amas de Persée en particulier. On constate sur la reproduction par l'héliogravure du cliché photographique obtenu le 10 octobre 1884, que les images des étoiles jusqu'à la 12e et la 13e grandeur sont venues avec une extrême netteté. Les points sur ce cliché avaient une précision si grande que plus d'un astronome se montra d'abord sceptique. Des savants étrangers vinrent à Paris pour examiner les clichés de leurs propres yeux. Le succès tenait essentiellement, on le devine, à la rare perfection du travail optique de l'objectif. L'amiral Mouchez décida alors la construction immédiate de l'équatorial photographique de $0^m,34$ d'ouverture et $3^m,43$ de distance focale, qui est devenu le type des instruments choisis par le premier Congrès photographique international, réuni trois ans plus tard, en 1887, à l'Observatoire de Paris.

Dans ce court espace de temps, de 1884 à 1887, les frères Henry avaient en effet réussi à convaincre les savants (réfractaires parfois à la nouveauté) de la valeur des nouveaux procédés, pour l'Astronomie physique aussi bien que pour la description du Ciel, témoins leur admirable cliché des Pléiades et leurs belles photographies des spectres stellaires. L'appareil de mesure des plaques, construit par M. Gautier sur leurs indications, montra enfin à tous le haut degré de précision de la méthode photographique.

Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans plus de détails sur la grande entreprise qui, aujourd'hui, est en bonne voie d'exécution tant pour le travail du Catalogue que pour la Carte proprement dite. Mais il faut reconnaître que l'avance si honorable, prise par l'Observatoire de Paris en 1887, a eu pour cause l'ingénieuse et énergique activité des frères Henry, et surtout leur entente parfaite des choses de l'optique qui leur a permis, comme en se jouant, de réaliser des merveilles.

En France, les parties optiques de tous les grands instruments sont sorties de leurs mains, depuis le télescope de Toulouse de de $0^m,80$ d'ouverture, pour les débuts, jusqu'aux grandes lunettes de Nice, Paris et Meudon. Enfin plus de la moitié des objectifs photographiques du monde entier, destinés à la Carte du Ciel, sont leur œuvre.

Octave Callandreau. — Quelques mois à peine après la mort de Prosper Henry, un nouveau deuil frappait l'Observatoire de Paris de la façon la plus cruelle. Le 13 février 1904, mourait subitement, dans toute la plénitude du talent, à l'âge de cinquante-et-un ans, M. Octave Callandreau, l'un des savants qui ont cultivé avec la plus fructueuse activité les recherches astronomiques en France, depuis une trentaine d'années. A l'admiration que provoquent les dons les plus brillants de l'esprit, se joignaient, chez tous ceux qui l'ont connu, l'estime et la sympathie qu'imposent les meilleures qualités du cœur et l'idéal des vertus chrétiennes poursuivi avec la même ardeur qu'il mettait à servir la science et son pays. Nous empruntons les détails qui vont suivre sur la vie et l'œuvre scientifique du savant astronome à la notice que lui a consacrée la Revue générale des Sciences (30 mars 1904) et aux discours prononcés à ses obsèques (1).

Pierre-Jean-Octave Callandreau naquit le 18 septembre 1852, à Angoulême. Cadet d'une nombreuse famille, il était fils et petit-fils de magistrats. Ses premières études, commencées au Lycée d'Angoulême, s'achevèrent à la maison paternelle, avec un répétiteur qui découvrit et développa en lui le goût des sciences. Élève brillant du cours de mathématiques spéciales à Sainte-Barbe, Callandreau entra dans les premiers à l'École Polytechnique en 1872 et en sortit, deux ans après, le 24e de sa promotion, manquant d'un rang la carrière qu'il ambitionnait, mais " regardé par ses camarades et ses maîtres, dit M. Lœwy, comme le plus fort analyste et le mathématicien le plus en vue de sa promotion ".

Rentré provisoirement dans sa famille et désigné pour servir dans l'artillerie, il se disposait à rejoindre ses camarades à l'École de Fontainebleau, lorsque Le Verrier, sentant la nécessité de recruter un personnel jeune et intelligent pour assurer l'avenir des recherches astronomiques en France, alla le chercher au fond de sa province et lui proposa d'entrer à l'Observatoire de Paris en qualité d'aide-astronome. Callandreau accepta, sans hésiter, la situation qui se présentait et se soumit docilement au joug de fer qui pesait alors sur le grand établissement astronomique français, contractant des habitudes de travail mé-

(1) Bulletin astronomique, t. XXI, avril 1904 : *Discours prononcés aux obsèques de M. Callandreau*, par MM. Janssen, Lœwy, Lippmann et le Général Villien, pp. 129-138, avec portrait.

thodique dont il aimait à rappeler l'origine, consacrant ses loisirs à l'étude et préparant l'avenir.

Les leçons de Mécanique céleste de Victor Puiseux, dont il suivit le cours à la Sorbonne, exercèrent une influence décisive sur sa tournure d'esprit. Dès ce moment, le jeune astronome orienta définitivement ses pensées vers les spéculations de l'Astronomie mathématique.

Reçu docteur ès sciences en 1880, nommé astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris l'année suivante, il prit part en 1882 à l'expédition de Haïti pour l'observation du passage de Vénus sur le Soleil. Au retour de son voyage, il fit la connaissance de Tisserand, dont il devint l'ami et le collaborateur dans la rédaction du Bulletin astronomique. En 1892, l'Académie des Sciences, après avoir plusieurs fois récompensé ses travaux, lui ouvrit ses portes, pour remplacer l'amiral Mouchez dans la section d'Astronomie. Quelques mois plus tard, il succédait à Faye, comme professeur d'Astronomie à l'École Polytechnique, à laquelle il était attaché depuis plusieurs années à titre de répétiteur. Enfin, sa nomination d'astronome titulaire en 1897 couronnait sa carrière à l'Observatoire de Paris.

L'activité scientifique de Callandreau s'est manifestée surtout dans les Comptes rendus, le Bulletin astronomique, les Annales de l'Observatoire de Paris, le Journal de l'École Polytechnique et dans plusieurs périodiques étrangers.

Ses premières publications sont relatives à l'usage des fractions continues algébriques pour le calcul de certains coefficients introduits par Laplace dans le développement de la fonction perturbatrice. La méthode imaginée par lui, permet d'obtenir une très grande approximation. Il en a fait des applications intéressantes, d'abord à un problème fondamental de Géodésie et, plus tard, au calcul d'une intégrale double, qui se présente dans l'étude des perturbations de Pallas.

Callandreau a effectué plusieurs recherches très instructives sur les termes éloignés dans les séries employées pour résoudre quelques-unes des questions les plus élevées de la Mécanique céleste. Il a réussi à fournir un complément fort utile aux belles recherches de Cauchy et de Puiseux concernant les inégalités d'ordre élevé.

Dans son Mémoire sur le développement des coordonnées elliptiques, il trouve d'une manière plus simple que Laplace, la limite de l'excentricité pour la convergence des séries du mouvement elliptique. Il est parvenu à rendre facile et plus directe

l'analyse remarquable de Laplace, en lui donnant un caractère presque élémentaire.

L'Astronomie lui doit encore une série de travaux très utiles, entrepris en vue d'abréger le calcul des perturbations, et notamment celui relatif aux variations séculaires des éléments ; il a également construit des Tables permettant de trouver presque directement une valeur approchée de l'anomalie vraie, connaissant l'anomalie moyenne.

Lorsque Tisserand fut rappelé à Paris pour occuper la chaire de Mécanique céleste à la Faculté des Sciences, Callandreau s'empressa de suivre les leçons de ce maître éminent, dont le rapprochaient une parenté d'esprit en même temps qu'une vive sympathie personnelle. C'est sur l'inspiration de cet illustre géomètre que fut entreprise une des recherches qui ont le plus honoré le nom de Callandreau, celle qui se rapporte à la figure d'équilibre des corps célestes.

On sait depuis longtemps qu'une masse fluide homogène, animée d'un mouvement de rotation uniforme, peut être en équilibre sous la forme d'un ellipsoïde de révolution. Mais les corps célestes sont très loin d'être composés d'une manière homogène, de sorte que la théorie, pour avoir une portée réelle, doit prendre en considération leur structure intérieure. Il y avait, dans cet ordre d'idées, une question importante à élucider : déterminer la figure des surfaces d'égales densités, en tenant compte des quantités qui sont de l'ordre du carré de l'aplatissement superficiel. Ce problème difficile a été résolu complètement par Callandreau et il est arrivé ainsi à une conclusion fort intéressante relative à la constitution de Saturne. La densité à la surface de cet astre doit être tout au plus égale aux trois dixièmes de la densité moyenne, c'est-à-dire tout au plus au cinquième de la densité de l'eau ; résultat fort curieux qui prouverait que la surface de Saturne n'est probablement ni solide ni liquide, mais formée de matériaux très divisés. N'est-il pas bien remarquable de voir, révélée par le calcul, la présence d'une atmosphère planétaire très importante, si difficile à mettre en évidence par l'observation directe ?

On connaît aujourd'hui une vingtaine de comètes périodiques dont le mouvement est soumis, dans une mesure notable, à l'attraction de Jupiter. Elles parcourent, en effet, l'espace dans le sens direct, suivant des orbites peu inclinées sur celle de cette grosse planète, et leurs aphélies sont voisins de la région dans laquelle circule Jupiter. Laplace et beaucoup de géomètres après

lui ont montré les modifications considérables que cet énorme corps céleste peut faire subir aux trajectoires cométaires, et les exemples de plus en plus fréquents qui se sont présentés dans les dernières années rendaient très désirable une analyse approfondie du mode suivant lequel s'exerce l'action de Jupiter. Beaucoup d'investigations ont été accomplies dans cette voie, mais il restait encore bien des points obscurs à éclaircir.

Callandreau, dans un Mémoire important, les a soumis à une discussion judicieuse, et il a victorieusement écarté les objections qui s'étaient produites contre la théorie de la capture des comètes. Il explique que si, parmi les orbites cométaires transformées par Jupiter, nous n'en voyons aucune de nature hyperbolique, cela tient à ce que la distance périhélie était trop grande, ou bien au fait que la comète, après avoir subi l'action perturbatrice, s'éloigne sur une des branches infinies de sa trajectoire. Cette recherche de Callandreau est d'une haute importance, non seulement à cause de la difficulté des questions qui y sont traitées, mais surtout en raison du puissant intérêt qu'elles présentent pour la philosophie naturelle.

Callandreau a en outre publié des études nombreuses sur la corrélation qui existe entre les trajectoires des étoiles filantes et des comètes. En 1899, il explique la possibilité de la répétition d'activité de certains points radiants et fournit des renseignements très utiles sur la nature de ces lieux d'émanations dits *stationnaires*.

On lui doit plusieurs recherches d'une grande actualité sur les causes qui ont provoqué les lacunes dans la zone qui renferme les trajectoires des petites planètes. Il a enfin tout récemment mis à la disposition du public astronomique un exposé très précieux des méthodes pour la détermination des orbites des comètes et des planètes.

En dehors de ce vaste ensemble de travaux théoriques, relatifs aux problèmes les plus ardus de la Mécanique céleste, Callandreau a produit des études très appréciées dans le domaine de l'Astronomie pratique. Il a fourni une contribution des plus utiles au problème des occultations pour faciliter la prédiction de ces phénomènes dans un lieu donné. Il a enrichi les Annales de l'Observatoire d'environ 30 000 observations méridiennes très précises et de nombreuses positions d'astres mobiles obtenues à l'aide des instruments équatoriaux.

Quand on réfléchit à la part importante que prenait Callandreau à la rédaction du Bulletin astronomique, au total immense

des observations qu'il effectua en participant aux services réguliers de l'Observatoire, au soin qu'il apportait à la préparation et à la rédaction de son cours à l'École Polytechnique, aux nombreux Mémoires qu'il a publiés sur les sujets les plus élevés, à toute l'étendue de son œuvre scientifique enfin, on demeure frappé de l'activité d'esprit du grand astronome qui vient de s'éteindre. Mais si le savant peut être proposé comme modèle aux jeunes gens qui entrent dans la carrière astronomique, l'homme digne qu'il fut toute sa vie a droit, avant tout, au respect et à l'admiration générale, car la noblesse de son caractère et l'élévation de ses sentiments dépassaient encore la hauteur de son savoir. Son désintéressement était, du reste, au niveau de sa modestie, et les honneurs sont venus à lui de France et de l'étranger sans qu'il ait jamais songé à les solliciter. Callandreau a vécu avec l'idée dominante de se rapprocher de la perfection morale. Ceux qui l'ont connu peuvent certifier qu'il a atteint son idéal.

Luigi Cremona. — M. Gino Loria vient de publier, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (livraison du 30 juin 1904, pp. 125-195) une notice magistrale sur la vie et l'œuvre mathématique du géomètre italien Luigi Cremona, né à Pavie, le 7 décembre 1830, et décédé à Rome, le 7 juin 1903. Voici en quels termes M. Gino Loria apprécie, en terminant sa notice, la valeur insigne des publications mathématiques de l'illustre savant.

" Sous le rapport de l'*étendue,* bornons-nous à remarquer qu'elles embrassent toutes les branches de la géométrie, depuis l'humble trigonométrie, jusqu'à la superbe théorie des espaces à plusieurs dimensions, et toutes les branches de l'analyse depuis la théorie des déterminants jusqu'à celle des fonctions abéliennes ; ajoutons que pour résoudre les questions qu'il rencontrait, Cremona, en s'inspirant d'un éclectisme bien entendu, faisait recours à tous les procédés qui lui semblaient utiles, depuis les méthodes classiques de l'analyse la plus rigoureuse jusqu'à celles, un peu fantaisistes et pour cela encore discutées, de la géométrie énumérative.

„ Sous le rapport de l'*importance,* observons que les conséquences auxquelles Cremona arriva, sont tellement définitives que l'histoire a prononcé déjà sur elles un jugement sans appel ; en effet, pour la théorie des cubiques gauches et des surfaces du 3e ordre, il est inscrit parmi les fondateurs ; ses traités sur la théorie générale des courbes planes et des surfaces algé-

briques sont entre les mains des étudiants et des professeurs de tous les pays civilisés, et sur les propositions qui forment la théorie des transformations rationnelles, il a des droits de propriété que personne n'essaiera jamais de lui contester...

„ Enfin l'*érudition* de première main, si riche dans toutes les productions de notre mathématicien, mérite d'être remarquée, car par elle on arrive à connaître ses procédés de recherche et à s'expliquer comment, dans la période relativement courte où il se consacra tout entier à la science, il ait pu y donner un si grand nombre de contributions si importantes. Cremona, bien persuadé que toute la science de la vie enseigne que ce qui est nouveau, pour avoir droit à vivre et subsister, doit pousser comme une branche vigoureuse sur un tronc ancien, dans chaque occasion où il dut traiter quelque question (de géométrie ou d'enseignement ou même d'administration), commençait par étudier à fond tout ce qui avait été fait sur ce sujet ; ayant pris ainsi exacte connaissance des régions déjà explorées, il se portait avec courage vers la *terra incognita ;* et l'expérience acquise s'alliant à son génie naturel, le portait sûrement à un but éloigné. „

Ajoutons, en passant, que les humanités classiques n'eurent pas de défenseur plus ardent et plus autorisé. " La vera scuola classica, écrivait-il en 1901, col latino e col greco, deve rimanere intatta ; e tale rimanendo, sarà sempre la scuola preferita dalle intelligenze elette. „

Un portrait de L. Cremona et la liste chronologique de ses publications mathématiques accompagnent la belle notice de M. Gino Loria.

H.-M. Stanley. — Le célèbre explorateur africain, Sir Henry Morton Stanley, de son nom patronymique John Rowlands, est décédé à Londres le 9 mai 1904. Il était né à Denbigh, au pays de Galles, le 10 juin 1840.

Stanley accomplit son premier voyage en Afrique en 1867-1868 comme correspondant militaire du New-York Herald, pendant la campagne des Anglais en Abyssinie contre le roi Théodore.

En 1871-1872, le fondateur de ce grand journal américain, Gordon Bennet, l'envoie à la recherche de Livingstone que Stanley, après mille péripéties, retrouva à Oujiji, sur le Tanganika, le 10 novembre 1871.

En 1873, il accompagne, de nouveau comme correspondant, les troupes anglaises qui opèrent contre les Achantis.

De 1874 à 1877, il traverse l'Afrique de l'est à l'ouest, à la tête de l'*Expédition anglo-américaine* subventionnée par le DAILY TELEGRAPH et le NEW-YORK HERALD : arrivé à Zanzibar le 21 septembre 1874, il quitte Bagamoyo le 17 novembre, gagne le lac Victoria, puis l'Oubanga, aperçoit le lac Muta Nzigé, traverse le Tanganika, atteint Nyangué, s'embarque à l'aventure sur le Lonalaba, le 22 novembre 1876, et arrive à Boma le 9 août 1877 : il venait de découvrir le Congo.

De 1879 à 1884, il explore l'immense région qu'il vient de traverser, fonde des postes sur tout le cours du fleuve, de son embouchure jusqu'aux Stanley Falls, et conclut des traités avec les chefs indigènes en qualité d'agent politique de l'*Association internationale du Congo,* née de l'*Association internationale africaine*, créée à Bruxelles, en 1876, dans un but scientifique et humanitaire sous le patronage de S. M. Léopold II.

Enfin, Stanley quitte Londres une dernière fois, le 31 janvier 1887, pour aller au secours d'Émin Pacha, gouverneur de la province équatoriale du Soudan Égyptien, aux prises avec le soulèvement madhiste. Il débarque à Zanzibar où il rassemble des porteurs, contourne l'Afrique par le Cap, remonte le Congo et l'Arouhimi, rencontre Émin sur les rives du lac Albert et le ramène, le 4 décembre 1889, à Bagamoyo.

Par ces voyages, Stanley n'a pas seulement enrichi la géographie de connaissances nombreuses et précises sur les trois régions africaines du Tanganika, du Haut Nil et du Congo, dont la découverte est son plus beau titre de gloire, mais il a contribué à trois événements de la plus haute importance : la prise de possession de l'Ouganda par l'Angleterre, l'expansion de cette puissance sur le Haut-Nil blanc, et la fondation de l'État Indépendant du Congo (1).

De retour à Londres, Stanley épousa Doroty Tennant, une descendante du célèbre Cromwell. Les dernières années de sa vie s'écoulèrent dans une retraite paisible et laborieuse, dont l'étude des grands problèmes de la géographie et la publication des nombreuses éditions du récit de ses voyages occupèrent les loisirs. Ses principaux ouvrages, *Comment j'ai retrouvé Livingstone, A travers le Continent noir, Le Congo et la Fondation de l'État Libre, Au Centre de l'Afrique,* ont été traduits dans toutes les langues.

(1) H. Dehérain, *Stanley et son œuvre africaine,* dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES (15 juin 1904).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

—

Ernst Wölffing. — Mathematischer Bücherschatz. Systematisches Verzeichnis der wichtigsten deutschen und ausländischen Lehrbücher und Monographien des 19. Jahrhunderts auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften. In zwei Teilen. I. Teil : reine Mathematik. Mit einer Einteilung : kritische Übersicht über den bibliographischen Hilfsmittel der Mathematik. Un vol. grand in-8° de xxxvi-416 pages. — Leipzig, Teubner, 1903.

L'auteur répartit en 313 sections et, dans chaque section, par ordre alphabétique des noms d'auteurs, les titres de plus de 13 000 ouvrages, publiés au cours du xixe siècle, en dehors des recueils périodiques, et relatifs à l'Histoire, à la Philosophie et à la Pédagogie des Mathémathiques ; à la Théorie des nombres, à l'Algèbre, aux Séries, à l'Analyse infinitésimale, à la Théorie des fonctions, aux différentes branches de la Géométrie, aux collections de formules et aux récréations mathématiques. Une table analytique des matières (pp. 360-371) et une table alphabétique des auteurs (pp. 372-414) facilitent les recherches. Un second volume sera consacré aux Mathématiques appliquées. D'intéressants aperçus bibliographiques ont été réunis dans la Préface.

K. Schreber. — Die Kraftmaschinen. Vorlesungen der zur Zeit gebrauchten Kraftmaschinen für Zuhörer aller Facultäten in der Universität Greifswald gehalten. Un vol. in 8° de 348 pages, avec figures. — Leipzig, Teubner, 1903.

Des leçons de Mécanique s'adressant aux étudiants de toutes les Facultés d'une grande Université, ne sauraient être, semble-t-il, que des causeries de vulgarisation que l'on écoute avec intérêt, mais dont on emporte mince profit. La compétence de l'auteur et la clarté de son exposition lui ont permis de faire œuvre réellement utile. Sans doute, il est permis de penser que les étudiants en droit n'ont suivi que de loin le savant professeur quand il a décrit le cycle de Carnot, parlé d'entropie, discuté les formules du rendement d'une roue à eau, etc. Mais tous ceux que ne rebutait pas l'appareil mathématique, réduit à son fonctionnement le plus simple, et surtout les étudiants de la Faculté des sciences, ont certainement trouvé dans ce premier exposé technique une initiation excellente à des études plus approfon-

dies : c'est à ceux-ci surtout que nous recommanderons les leçons de M. Schreber. Elles s'ouvrent par une introduction consacrée aux notions de l'énergie, du travail et de la puissance des machines. L'auteur traite ensuite des moteurs animés et des moteurs à eau et à vent ; puis des moteurs thermiques industriels : machines à vapeur, à air chaud, à gaz ; et des turbo-moteurs. Il compare, pour terminer, le prix de revient du travail fourni par ces différents moteurs.

P. Stephan. — Die technische Mechanik. Elementares Lehrbuch für mittlere maschinentechnische Fachschulen und Hilfsbuch für Studierende höherer technischer Lehranstalten. Erster Teil : *Mechanik starrer Körper*. Un vol. in-8° de VIII-344 pages, avec 255 figures dans le texte. — Leipzig, Teubner, 1904.

Exposé élémentaire clair, précis, essentiellement pratique, avec de nombreuses applications et d'excellents exercices.

F. Loppé. — Essais industriels des Machines électriques et des Groupes électriques. Conférences de l'École supérieure d'Électricité. Un vol. grand in-8° de 283 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Ouvrage d'ordre technique. L'auteur se borne aux indications essentielles relatives au montage des appareils de mesure des quantités électriques et de la puissance mécanique. Par contre, il multiplie les détails sur la construction et l'emploi des appareils nécessaires, dans certains cas, pour absorber l'énergie électrique. Le dernier chapitre reproduit les règlements actuellement en vigueur pour les essais de machines et les conditions à imposer aux constructeurs, règlements adoptés par la Société des Ingénieurs électriciens américains, la Société électrotechnique allemande et l'Association française des propriétaires d'appareils à vapeur. Des tables numériques et des modèles de feuilles d'essai terminent le volume.

F. Loppé. — Traité élémentaire des enroulements des dynamos a courant continu. Un vol. petit in-8° de 78 pages, avec 15 figures et XII planches. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Ce petit volume fait partie de la collection des *Actualités scientifiques*. Il contient l'exposé simple et méthodique de la question des enroulements fermés avec induits cylindriques, anneau ou tambour, pour dynamos à courant continu.

J. Carlier. — Les auxiliaires économiques des chaudières et machines a vapeur. Un vol. grand in-8° de 365 pages, avec 345 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Appareils de chauffage. — Réchauffeurs. — Surchauffeurs.

— Condenseurs. — Condensation par mélange. — Condensation par surface. L'auteur décrit les avantages et les inconvénients de chaque dispositif en particulier. Son livre contient, sous une forme à la fois condensée et détaillée, des renseignements et des descriptions disséminés dans les publications périodiques et dans les meilleurs traités ou restés jusqu'ici inédits.

Paul Besson. — Le Radium et la Radioactivité. Propriétés générales. Emplois médicaux. Préface du Dr **A. d'Arsonval.** Un vol. petit in-8° de 170 pages, avec 23 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Le Radium voit sa " littérature " s'enrichir tous les jours. Il a sa revue à lui (1), et on ne compte plus les livres, les mémoires, les articles sérieux ou fantaisistes qui racontent ses exploits. La brochure de M. P. Besson figurera certainement parmi les meilleurs exposés destinés à mettre le grand public au courant des principaux phénomènes nouveaux rangés sous le nom de radioactivité. Elle insiste, plus que les publications du même genre, sur les *applications médicales* de cette source nouvelle d'énergie. Voici les titres généraux des huit chapitres qui se partagent l'ouvrage. I. Historique. Découverte, recherches. — II. Découverte de nouvelles substances radioactives : Polonium, Radium, Actinium. — III. Étude et nature du rayonnement. — IV. Effets physiques et chimiques des rayons de Becquerel. — V. Action physiologique et médicale des rayons du Radium. — VI. La Radioactivité induite. — VII. Variations d'activité des sels de Radium. — VIII. Hypothèses sur la nature et sur les causes du phénomène. Considérations générales. Le volume de M. P. Besson fait partie de la collection des *Actualités scientifiques.*

G. Lecointe. — *Expédition antarctique belge.* Au pays des Manchots. Récit du voyage de la " Belgica ". Un vol. grand in-8° de 368 pages, richement illustré. — Bruxelles, Schepens, 1904.

M. Georges Lecointe, Commandant en second de l'expédition antarctique belge, reproduit dans ce splendide volume, en le complétant et en l'illustrant à profusion, le récit du voyage de la " Belgica " dont cette Revue a eu l'honneur d'offrir à ses lecteurs la première édition dans la série d'articles publiés sous ce titre : *Vers le Pôle sud.*

(1) Le Radium, la Radioactivité et les sciences qui s'y rattachent. Publication mensuelle illustrée. Directeur, H. Farjas. Rédacteur en chef, J. Danne. Paris, 36, rue de l'Arcade.

LOUIS DE BUSSY

MEMBRE DE L'INSTITUT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DU GÉNIE MARITIME

LES TRAVAUX ET LA VIE

DE

M. LOUIS DE BUSSY

Membre de l'Institut de France
Inspecteur général du Génie maritime

Il est des hommes dont la vie est à elle seule une prédication, plus efficace que le meilleur des sermons. Quand cette prédication a pour effet de faire resplendir la devise de la Société scientifique « *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest* », c'est un devoir pour notre Société de mettre un tel témoignage en pleine lumière; et ce devoir se double d'une satisfaction profonde, lorsqu'il s'agit de savants dont les noms ont honoré nos listes.

A plus d'une reprise, la Revue a eu l'occasion de rendre hommage aux illustrations de la Société scientifique qu'il a plu à Dieu de rappeler à lui, trouvant chaque fois, dans l'éclatante leçon donnée par de telles vies, une sorte de consolation au deuil qui nous frappait. Qu'il suffise de citer les noms respectés de d'Abbadie, du Dr Lefebvre, de Charles de la Vallée Poussin, du grand mathématicien Hermite, enfin celui de M. Hautefeuille, le chimiste et minéralogiste éminent, dont naguère M. Lemoine retraçait ici la belle carrière, ennoblie par une vie chrétienne aussi intense que modeste dans ses manifestations.

Aujourd'hui c'est encore à un membre de l'Institut de

France que nous voulons à la fois payer un tribut d'admiration et demander un enseignement. Homme de grande science, véritablement illustre par les services rendus à son pays dans le domaine des constructions navales, M. Louis de Bussy a été, par surcroît, un des fils les plus dévoués de l'Église catholique, dont il suivait toutes les pratiques avec une simplicité touchante ; heureux de voir les mêmes traditions affirmées autour de lui, dans ses enfants comme dans ses proches, par un abandon encore plus complet de soi-même au service de Dieu. Plus que personne, donc, il incarnait en lui l'esprit de la Société scientifique, qui ne peut le laisser disparaître de ce monde sans essayer de faire revivre un instant cette physionomie si distinguée, si édifiante, si parfaitement digne de servir de modèle à tous.

Marie-Anne-Louis de Bussy naquit à Nantes, le 22 mars 1822, d'une famille profondément chrétienne, que ses origines rattachaient à la fois à la Picardie et à la Bretagne. L'enfant n'eut pas longtemps le bénéfice de cette direction ; car, en une seule année, de 1834 à 1835, le père et la mère de famille étaient rappelés à Dieu. Ils laissaient une fille, alors âgée de vingt-deux ans, et trois fils plus jeunes. Le second, Louis de Bussy, n'avait ainsi que treize ans.

Il fut élevé à Vaugirard, dans la maison célèbre que dirigeait l'abbé Poiloup. Il y fit de fortes études littéraires, ce qui ne l'empêcha pas de se tourner, à l'âge de dix-huit ans, vers les mathématiques. Un travail assidu, d'autant plus méritoire que sa très précaire situation de fortune l'obligeait à trouver quelque temps pour donner des répétitions, lui valut d'être admis en 1841 à l'École militaire de Saint-Cyr. Mais il n'en profita pas et continua de suivre les cours du Collège Saint-Louis en vue de l'École Polytechnique. On le vit alors accomplir ce tour de force, de mener de front cette difficile préparation avec un travail que la même raison de pénurie l'avait déterminé à

accepter de la maison Lecoffre, et où il retrouvait l'occasion de montrer ses goûts littéraires : il s'agissait d'éditer et d'annoter le *Discours sur la Couronne*, de Démosthène. Il en corrigeait les épreuves dans la nuit même qui précéda son premier examen, et peu s'en fallut qu'il n'en compromît ainsi le succès. Cependant il fut reçu, dans un bon rang, en 1842, dans une promotion comprenant le mathématicien Hermite, que plus tard il était destiné à rejoindre à l'Académie des Sciences.

Juste à ce moment, l'aîné de ses frères, qui avait embrassé la prêtrise, sortait du séminaire de Saint-Sulpice, pour entrer dans le clergé de Paris, qu'il honore encore, après soixante-cinq ans de sacerdoce, en qualité de chanoine de Notre-Dame, dignité qui lui fut conférée lorsqu'il cessa de diriger la paroisse de Saint-Gervais, où il avait tant fait pour l'éclat de la musique religieuse. Le plus jeune frère venait d'être admis à l'École des Mines, en vue de la carrière d'ingénieur civil, qu'il devait un jour quitter pour terminer son existence en Chine, sous l'habit de missionnaire jésuite. La sœur aînée, voyant achevée la mission maternelle que les circonstances lui avaient imposée, entrait alors dans la Congrégation des Fidèles Compagnes de Jésus, dont elle était appelée à devenir plus tard Supérieure générale.

C'est assez dire le rôle que les préoccupations religieuses jouaient dans cette famille, et faire comprendre la profonde empreinte que de tels sentiments devaient laisser sur l'existence entière du jeune polytechnicien.

A sa sortie de l'École, Louis de Bussy fut placé dans le service des poudres et salpêtres. Mais son goût le portait vers la carrière du Génie maritime, et il réussit à y entrer, en 1845, par permutation avec son camarade et ami M. Maurouard. Au cours de ses deux années d'École d'application, une mission qu'il eut à remplir à Rochefort lui donna l'occasion de connaître Mlle Clémence Cartault de la Verrière, fille du colonel directeur de l'artillerie du

port. Le 13 octobre 1846, à l'âge de vingt-quatre ans, il fixait sa destinée en épousant celle qui, durant cinquante-sept années, allait être l'appui et le bonheur de sa vie.

Attaché d'abord au port de Lorient, puis, en 1848, à celui de Toulon, il fut bientôt embarqué sur l'escadre que commandait l'amiral de Tinan, ce qui lui valut, en 1849, la bonne fortune d'une audience de Pie IX à Gaëte. En 1850, le navire qu'il montait, la *Pomone*, le premier en date de nos bateaux à hélice, ayant subi une avarie grave dans la traversée de Toulon à Montevideo, le jeune ingénieur fut appelé à diriger la réparation, et la manière dont il s'en tira lui valut un témoignage officiel de la satisfaction du ministre.

Il revint ensuite à Lorient, où il resta jusqu'en 1855. Puis il fut attaché à Orléans au service forestier de la marine, pour passer en 1858 aux établissements industriels du même département dans le Nivernais. La direction des forges de la Chaussade lui permit d'acquérir, en matière de métallurgie, des connaissances qui devaient un jour lui être singulièrement utiles. Enfin, en 1862, ayant atteint le grade d'ingénieur (à cette époque on passait de longues années dans la situation de sous-ingénieur), il reprenait avec joie la route de Lorient, pour demeurer dans ce port, durant près de vingt années, attaché au service des machines et des constructions neuves.

C'était, comme l'a dit M. Eynaud (1), « l'époque où les constructions navales de la France étaient pour ainsi dire incarnées dans la haute personnalité de M. Dupuy de Lôme, et où les jeunes ingénieurs restaient volontiers dans l'ombre ». Mais ce temps ne fut pas perdu pour M. de Bussy. Tandis que, dans la construction d'un petit bâtiment, le *Port-Louis*, « dont il avait fait tous les plans, il donnait la mesure de la souplesse de son esprit et de la précision de son travail », la connaissance de la langue

(1) *Discours prononcé aux funérailles.*

anglaise, qu'il possédait à fond, lui permettait de se tenir au courant de tous les progrès réalisés, de l'autre côté du détroit, dans le grand art des constructions navales. Il accumulait ainsi de précieux matériaux, attendant avec patience l'occasion de s'en servir. Sa cinquantième année allait finir quand cette occasion se présenta.

On était en 1871. La flotte cuirassée de la France, si excellente qu'elle fût, était presque toute en bois et, par suite, condamnée à une disparition prochaine. Il importait de deviner l'orientation nouvelle qui conduirait à la création de la flotte de l'avenir. Dupuy de Lôme avait disparu, et toutes les initiatives individuelles étaient invitées par le ministre à entrer en lice.

M. de Bussy fut des premiers à répondre à cet appel. Ses plans, très remarqués, furent utilisés pour la construction de trois magnifiques cuirassés, entre autres la *Dévastation* et le *Redoutable*. Trente ans après, ces trois navires occupaient encore un rang honorable parmi nos unités de combat. Quel meilleur éloge pourrait-on faire de celui qui les avait conçus ?

Mais M. de Bussy ne s'était pas borné à perfectionner les types existants. Ce qui constitue son œuvre propre, celle à laquelle son nom demeurera légitimement attaché, c'est la substitution de l'acier au fer pour la construction des coques de navires.

A épaisseur égale, la tôle d'acier offre beaucoup plus de résistance que la tôle de fer. Son emploi permettait donc, sans nuire en rien aux qualités militaires et nautiques, d'alléger notablement le poids des coques, c'est-à-dire d'opérer de grandes économies de construction et de machines, ou bien de réaliser des dimensions et des puissances auxquelles il eût été impossible de songer avec le fer.

L'idée était si simple et si séduisante, que nombre de constructeurs s'y étaient déjà essayés. Malheureusement toutes ces tentatives avaient échoué, si bien que l'emploi

de l'acier pour les navires avait fini par être entièrement discrédité en Angleterre. C'est que, d'abord, l'industrie métallurgique n'était pas encore en pleine possession de tous ses moyens. Mais, surtout, l'acier demeurait un métal capricieux, sujet à devenir cassant presque infailliblement par le seul fait de son utilisation dans les coques, à cause de la modification moléculaire, analogue à la trempe, que lui infligeaient les outils employés au façonnement des tôles. Fréquemment une tôle, très ductile au moment de son arrivée au chantier, cessait de l'être quand elle avait été rivée à ses voisines à coups de marteau de fer.

Pour triompher de cette difficulté, M. de Bussy, par une minutieuse étude du sujet, fut conduit à créer une technique nouvelle, dont l'observation rigoureuse devait garder au métal sa ductilité sans qu'il eût rien perdu de sa précieuse résistance. Mais quelles difficultés au début, pour obtenir que les précautions nécessaires fussent comprises et observées par les ouvriers ! Il y fallait une insistance et une surveillance de tous les instants.

L'ingénieur s'y acharna, ne craignant pas de compromettre dans ce labeur une santé toujours délicate, au point qu'en 1874 il donna aux siens les plus vives inquiétudes. Pendant ce temps, les critiques ne manquaient pas au novateur. Les hommes d'âge ressentaient une inquiétude instinctive en présence de ces types d'une légèreté inusitée. « La raison pouvait être satisfaite, mais l'œil était choqué ou au moins surpris, et le doute subsistait (1) ». Il fallait non seulement convaincre les praticiens, mais, chose plus difficile, obtenir des chefs responsables de la marine une décision que la crainte de l'inconnu semblait leur déconseiller.

Enfin un triomphe complet couronna cette lutte. Soutenu par les soins dévoués d'une compagne exceptionnelle, fortifié par le concours de zélés collaborateurs, au premier

(1) Eynaud, *op. cit.*

rang desquels il est juste de nommer MM. Barba et Chaudoye, M. de Bussy l'emporta, et du coup son nom acquit, à l'étranger autant et plus peut-être qu'en France, une légitime notoriété. L'Angleterre, bientôt suivie par toutes les puissances, adopta ses procédés, et tous s'accordèrent à reconnaître qu'il venait de créer de toutes pièces une nouvelle flotte « considérable par la puissance des navires, originale par la variété de ses types, remarquable par leur utilisation (1) ». Or cette flotte, à l'heure présente, constitue encore une partie importante de nos forces navales.

Ce coup d'éclat, M. de Bussy ne le devait pas à quelque inspiration issue de la théorie pure. Il connaissait mieux que personne l'impuissance des sciences abstraites à résoudre les questions que soulève la dynamique des grands navires. C'est à la seule expérience qu'il avait recours. « Il suivait avec une curiosité ardente, a dit encore M. Guyou, toutes les études expérimentales faites en France et à l'étranger, et possédait sur toutes ces questions une érudition peu commune, même chez les constructeurs. Il en appliquait les résultats à ses projets, qui étaient, en quelque sorte, comme une savante et universelle synthèse de toutes les connaissances acquises.

« Tous les détails de ses types étaient étudiés avec une scrupuleuse minutie et contrôlés par des calculs précis et considérables. Aussi eut-il, au cours de sa carrière, le privilège de ne jamais subir de déceptions. Toujours, quand ses projets étaient réalisés, ses promesses, sinon ses espérances, étaient dépassées. »

Ajoutons que, doué d'une remarquable mémoire, M. de Bussy possédait un talent extraordinaire pour faire des calculs approximatifs, là où il n'en pouvait faire d'exacts. Il travaillait surtout de tête et la nuit.

Le triomphe qu'obtenait M. de Bussy dut être parti-

(1) Guyou, *Discours prononcé aux funérailles.*

culièrement sensible à son cœur de patriote. A son pays mutilé, encore saignant des plus douloureuses blessures, il allait, comme autrefois Dupuy de Lôme, rendre la suprématie en matière de constructions navales ; et cela, quand il n'eût tenu qu'à lui d'en faire profiter d'autres, au grand bénéfice de ses propres intérêts matériels ; car (c'est un détail que nous tenons de source sûre), en 1873, une grande puissance, où son génie avait été deviné de bonne heure, lui fit faire les offres les plus séduisantes pour qu'il devînt le directeur de ses chantiers. Mais il n'était pas homme à écouter de telles ouvertures, et resta le fidèle serviteur du pays dont il était fier d'accroître les ressources.

Du reste la France ne se montra pas ingrate et, en 1875, le grade de directeur vint donner à M. de Bussy une autorité complète sur les travaux du port de Lorient. Des satisfactions d'ordre plus intime lui étaient encore réservées. Dans cette même année 1875, il eut la joie de marier sa fille à un gentilhomme breton de grande distinction, M. Béard du Dézert. Un an après, un autre événement capital s'accomplissait dans sa famille. Après avoir perdu son premier fils en bas âge, M. de Bussy en avait conservé deux, qui se suivaient à un an de distance. Le second manifestait des dispositions qui faisaient souhaiter à son père de le voir devenir ingénieur ; mais, à peine entré en mathématiques spéciales, le jeune homme demandait à prendre l'habit de Jésuite. Le père fit généreusement son sacrifice. Quant à l'aîné, dont il avait rêvé de faire un marin, trouvant du temps, malgré un labeur écrasant, pour présider lui-même à ses études, voire à son instruction religieuse, ce dernier a pris la carrière militaire et est aujourd'hui un officier distingué de notre État-major. M. de Bussy devait attendre dix-huit ans le plaisir de voir un des siens naviguer par métier sur un des bateaux qu'il avait construits. Cette satisfaction lui fut procurée par son petit-fils, M. Louis Béard du Dézert, à

la formation duquel il avait du reste donné des soins particuliers (1).

Mais revenons en arrière, et occupons-nous de nouveau de l'ingénieur, passé d'emblée au premier rang. Cinq ans après sa nomination au grade de directeur, qui lui avait permis de donner une vigoureuse impulsion aux chantiers de Lorient, organisés par lui, il était appelé à Paris pour diriger le service de la surveillance.

Cette nomination fut-elle un acte spontané de l'administration centrale, désireuse d'avoir tout près d'elle un homme dont le conseil devait être si précieux? Peut-être, mais une autre cause intervint. Lorient a toujours été un centre assez ardent d'agitation politique. Avant même que cette agitation eût pris la forme violente qu'elle a tout récemment revêtue, il s'y trouvait déjà un groupe remuant, qui supportait mal le bon exemple donné par l'intrépide chrétien. Un directeur des constructions navales qui allait tous les jours à la messe! Cela pouvait-il se supporter?

Heureusement, à cette époque, pareille intolérance ne pouvait se donner libre carrière qu'en province, et Paris devint, pour M. de Bussy, une sauvegarde en même temps qu'un avancement. Bientôt il était nommé membre du Conseil de l'Amirauté, puis chef du service technique, enfin membre du Conseil des travaux, en attendant que l'année 1886 le vît atteindre le poste suprême, celui d'Inspecteur général du Génie maritime.

Ses droits à cette distinction n'étaient à aucun degré contestables ; mais, depuis six ans, l'opinion avait encore fait des progrès dans le sens de l'anti-cléricalisme ; si bien qu'il fallût encore un certain courage au ministre de ce temps pour que la question religieuse ne vînt pas à la traverse d'une nomination aussi méritée.

Pour caractériser l'œuvre de M. de Bussy durant sa

(1) Ce fut une grande joie pour ce vénérable aïeul, lorsqu'en 1900, à l'âge de vingt-cinq ans, son petit-fils fut décoré, à la suite d'une blessure reçue dans un abordage.

carrière parisienne, il nous suffira de reproduire le témoignage d'un de ses dignes successeurs, M. l'Inspecteur général Eynaud, bien fait, à tous les points de vue, pour apprécier le grand ingénieur auquel il ne devait guère survivre qu'une année.

« Dans ces différentes fonctions, il ne cessa de créer de nouveaux types ; ainsi les avisos rapides, tels que le *Condor*, puis le *Surcouf*, où il résolut le problème difficile d'enfermer un maximum de puissance sous un minimum de poids. » Ensuite vinrent les premiers croiseurs protégés, le *Davout* et le *Suchet*. Mais c'est en 1887 qu'il produisit son incontestable chef-d'œuvre, le *Dupuy-de-Lôme*, croiseur-cuirassé de 7000 tonnes, prototype du genre. Laissons la parole à M. Guyou :

« Ce beau croiseur, aussi remarquable par son utilisation que par la distribution de sa puissance offensive et défensive, après avoir conquis les suffrages unanimes de nos marins, faisait peu de temps après, à Kiel, l'objet d'une admiration sans réserve de toutes les autorités maritimes des puissances qui s'étaient fait représenter à l'inauguration du canal allemand. »

Les plans du *Dupuy-de-Lôme* avaient été combinés par l'auteur avec l'amiral de Cuverville ; et devant le Conseil des Travaux, M. de Bussy mit à la défense du projet une si puissante conviction, qu'il réussît, chose rare, à le faire adopter sans la moindre retouche.

Le *Dupuy-de-Lôme* ne brillait pas seulement par l'excellence de ses formes et de ses dispositions. M. de Bussy avait pu y réaliser une idée qu'il caressait depuis longtemps, celle d'employer un système de trois hélices à la propulsion des navires de combat. Longtemps il s'était appliqué à l'étude du trajet des filets d'eau le long des carènes et dans les tourbillons de l'hélice, et ainsi il lui était venu à l'esprit que trois propulseurs, relativement plus immergés que les deux hélices latérales alors en usage, donneraient un meilleur résultat. Il était certain

d'ailleurs que les hélices seraient aussi mieux abritées contre les coups de l'ennemi, et qu'en outre la dispersion de la puissance motrice sur trois machines indépendantes procurerait une plus grande sécurité. Cependant M. de Bussy n'était pas homme à jouer une telle partie sur de simples conjectures. Aussi avait-il fait construire d'abord à Lorient un petit bâtiment d'essai, sur lequel il fit procéder à des expériences comparatives avec deux ou avec trois hélices; et c'est fort des heureux résultats obtenus qu'il en avait entrepris l'application au croiseur de 7000 tonnes, bâtiment splendide, qui, par une étrange aberration, est resté seul de son espèce dans notre flotte, alors qu'il eût été si désirable de le voir reproduit à de nombreux exemplaires.

En 1888, la plaque de grand-officier de la Légion d'honneur venait consacrer de si éclatants services; et, la même année, l'Académie des Sciences ouvrait ses rangs à M. de Bussy, dont le talent, le caractère et la parfaite aménité avaient bientôt fait d'établir, entre lui et tous les membres de la savante Compagnie, les liens de la plus haute et de la plus affectueuse estime.

Il va sans dire qu'au Conseil des travaux de la marine il jouissait d'une très grande autorité. Son intervention donnait de l'intérêt à toutes les discussions, par les aperçus originaux, remplis à la fois d'érudition et de bon sens, qu'il savait y introduire. A la clarté de ses exposés, il joignait une grande réserve dans ses appréciations, manifestant pour ses interlocuteurs, quel que fût leur rang hiérarchique, une déférence parfaite : déférence qu'on eût été parfois tenté de juger excessive, si l'on n'avait su qu'elle s'inspirait de la plus réelle modestie et que cette bienveillance envers les autres était le fruit d'une lutte entreprise de longue date par l'esprit chrétien contre une nature plutôt portée à la malice.

Cependant la carrière officielle de l'ingénieur allait bientôt trouver son terme. L'inflexible retraite le guettait, sans que sa remarquable activité eût un seul instant

fléchi. Il ne voulut pas attendre que les soixante-huit ans réglementaires eussent sonné et, quelques mois avant, il résigna ses fonctions d'inspecteur général.

Mais ce n'était assurément pas pour se reposer ! Son esprit, toujours en éveil, réclamait un perpétuel aliment, et vivre sans construire des bateaux, sans faire au moins des plans de navires, lui eût été un supplice. Moins encore l'industrie privée se fût-elle résignée à ne pas utiliser son habileté consommée, à l'heure où le service de l'État ne la réclamait plus. Une de nos principales compagnies de constructions maritimes, la Société des Chantiers de la Loire, s'empressa de se l'attacher comme Conseil. Il s'y trouvait d'autant plus à l'aise que cette compagnie avait précisément pour directeur M. Chaudoye, l'un des plus anciens et plus dévoués collaborateurs du maître au port de Lorient. Aussi la plus parfaite harmonie devait-elle régner entre eux.

Nous nous trompons cependant : il vint un moment où cette harmonie faillit être troublée par un scrupule de M. de Bussy. Cet homme qui, pendant tant d'années, avait donné tout son temps à l'État pour les maigres émoluments des carrières officielles, se prenait parfois à se demander si la nouvelle besogne accomplie par lui correspondait bien à la situation qui lui était faite. Sa conscience si délicate s'alarmait de ce qu'il regardait comme une disproportion. Et il fallut quelques efforts à son collaborateur pour lui faire comprendre que sa présence, dans les conseils d'une société de constructions navales, donnait à cette dernière des garanties et un crédit d'un prix inestimable.

Il eut d'ailleurs à plus d'une reprise la joie de penser que, tout en appartenant à une société privée, il travaillait encore pour le bien de l'État ; car sa compagnie eut à construire nombre de navires pour le compte de notre marine militaire ; nous citerons entre autres, un grand contre-torpilleur, le *d'Iberville*, et d'importants croiseurs

cuirassés, le *Valmy*, le *Jemmapes*, le *Descartes*, le *Masséna*, le *Guichen*, tous portant l'estampille de l'auteur du *Dupuy-de-Lôme*.

En même temps qu'il poursuivait ainsi le cours de ses études habituelles, l'éminent ingénieur se préoccupait de favoriser, dans l'ensemble du pays, l'élan des entreprises maritimes de tout genre. Depuis longtemps la célèbre institution anglaise des « *Naval Architects* », avec laquelle il se tenait en rapports constants, lui avait décerné le titre de membre d'honneur. Aussi, lorsqu'en 1888, sur l'initiative de quelques personnalités du monde des armateurs, des marins, des constructeurs, des assureurs, on tenta de fonder en France, sous le nom d'*Association technique maritime*, quelque chose d'analogue, M. de Bussy fut-il sollicité d'en accepter la présidence.

Sa modestie et son peu de goût à se mettre en avant lui eussent fait décliner une telle offre ; mais il était trop convaincu de l'avantage « qu'il y aurait pour notre pays à ce que, dans une société ouverte à tous les hommes compétents, on pût traiter et discuter les questions générales, et plus spécialement les questions de construction, intéressant à la fois la marine militaire et la marine marchande (1) ». Aussi se résigna-t-il à accepter, comme un devoir, la présidence qu'on lui offrait. « Ses conseils éclairés, ajoute M. Daymard, contribuèrent à donner à l'institution nouvelle une direction conforme au génie français, en faisant porter ses travaux à la fois sur les questions de machines et sur celles de la construction des navires eux-mêmes. » Le zèle, l'assiduité, la bonté, la prudence et le dévouement furent les marques distinctives d'une présidence dont, jusqu'à sa mort, il ne chercha pas un instant à se décharger.

En même temps, toujours attentif aux problèmes que soulève la navigation, il donnait à l'Académie des Sciences,

(1) Daymard, *Discours prononcé aux funérailles*.

en 1902, une note à la fois théorique et expérimentale, sur la résistance opposée par les vagues au mouvement des bateaux.

Nous venons d'analyser la carrière et l'œuvre de M. de Bussy, et partout nous y avons rencontré l'homme ; car il n'y avait pas chez lui, comme chez tant d'autres, plusieurs existences distinctes, n'ayant aucun souci de se pénétrer mutuellement. Qu'il eût à agir comme fonctionnaire, comme ingénieur, comme savant, comme père de famille, comme citoyen, comme chrétien, toujours c'était la même personnalité qui apparaissait, guidée par les mêmes règles, gouvernée par la même conscience.

Il reste, pour le bien faire connaître, à dire un mot de sa vie intime ; mais, parce qu'il avait horreur du bruit, nous le ferons avec la discrétion due au respect de ses volontés, et simplement pour confirmer, en vue du bien qu'un tel exemple peut produire, l'impression d'édification qui se dégage de son existence.

La piété de M. de Bussy était profonde. Levé tous les jours, sauf à la fin de sa vie, à cinq heures et demie du matin, il commençait invariablement sa journée par la messe et la communion. Accomplir la volonté divine était sa préoccupation constante, comme aussi il s'appliquait sans relâche à la pratique de l'humilité, cherchant dans la prière une sauvegarde contre les sentiments qu'aurait pu exciter en lui le succès de ses travaux. En 1892, il voulut un jour servir lui-même d'enfant de chœur à son fils le Jésuite, et, dans la dernière année de sa vie, on put voir ce vieillard rendre le même office à son vénérable frère le chanoine.

Sujet à de fréquentes insomnies, il les occupait souvent à lire *La vie des Saints*. La lecture était d'ailleurs le seul plaisir qu'il consentît à s'accorder, dans une existence d'où il s'était plu à bannir toute satisfaction superflue. Son choix se portait de préférence sur les ouvrages de

théologie et de spiritualité. Mais il avait aussi un penchant prononcé pour l'histoire et s'était nourri des vieux mémoires relatifs à notre pays. Bossuet lui inspirait une admiration particulière. Enfin, s'il donnait la première place aux lectures chrétiennes, cela ne l'empêchait pas d'avoir un goût littéraire très délicat, et d'être familier avec tous les grands auteurs classiques, qu'il aimait à citer devant ses enfants, pour qui il n'avait cessé d'être un éducateur dans toute la force du terme.

M. de Bussy habitait, rue de Jouy, en commun avec son frère, et tout près de la paroisse Saint-Gervais, un de ces hôtels du vieux Paris, d'apparence éminemment respectable, bien faits pour abriter des existences d'un autre temps : le temps des fortes convictions, des traditions fidèlement observées, et de la haute dignité des caractères. Rien n'était touchant comme l'affection mutuelle des deux vieillards, et l'existence qu'ils menaient là côte à côte, bien loin des agitations du Paris mondain, eût été vraiment douce, sans les tristesses que leur infligeait, surtout à partir de 1901, la situation politique et religieuse de la France.

En effet, loin de se désintéresser des affaires publiques pour s'absorber dans le culte de la science, M. de Bussy était de ceux que le sort du pays préoccupait le plus. Il ne pouvait prendre son parti de cette ruine progressive de toutes les institutions qu'il avait aimées et honorées. D'ailleurs il ne se contentait pas de gémir, et recherchait ardemment les moyens d'arrêter le mal. C'est ainsi que l'action électorale lui apparaissait comme un devoir de conscience. En toute occasion il tenait à donner l'exemple en cette matière, comme il le donnait aussi visiblement dans sa paroisse, avec tous les siens, non par ostentation mais dans le désir de provoquer la générosité des autres, lorsque revenait la quête annuelle pour les besoins du Souverain Pontife.

A ses préoccupations ordinaires, M. de Bussy trouvait

du moins une consolation hebdomadaire très appréciée dans l'accomplissement de ses devoirs de membre de l'Académie des Sciences. Chaque lundi on était sûr de le voir venir prendre place du côté droit, tout près du bureau, non sans avoir, au préalable, fait une petite station en passant près de confrères avec qui il aimait à causer. Il les entretenait des choses du moment, de ses angoisses patriotiques, non en homme morose et découragé, mais en vaillant avide d'action, et ne refusant pas au besoin de se laisser égayer par quelque diversion humoristique. Alors, quand il souriait, derrière ses lunettes on voyait briller d'un éclat particulier les yeux qui donnaient tant d'expression à cette figure, presque immatérielle à force de finesse.

Très fidèle aux séances générales de l'Institut, où on le reconnaissait à la toque noire et à la pèlerine, par lesquelles il se protégeait contre les trop fréquents courants d'air de la coupole, M. de Bussy, en raison de son extrême myopie, qui l'obligeait à cheminer avec précaution, semblait avoir une démarche chancelante. Mais au fond il n'en était pas moins alerte, et quand on le questionnait sur sa santé, il disait volontiers : « Mon frère a cinq ans de plus que moi ; tant qu'il est là, j'ai comme une assurance d'égale durée ». Malheureusement, c'était le plus jeune que Dieu avait marqué pour le premier départ.

Depuis quelques années, M. de Bussy, en dépit d'un régime sévère, sentait s'aggraver chez lui une disposition à l'entérite. Une première atteinte sérieuse survint en février 1903 ; et à peine semblait-il remis que la mort de son gendre venait ajouter au mal le poids d'un irréparable chagrin. Le 25 mars, il tombait gravement malade. Deux jours après, il manifestait son intention de recevoir les sacrements sans attendre au dernier moment et le lendemain, ne se faisant aucune illusion sur les paroles rassurantes des médecins, il entretenait son fils aîné de ses dernières volontés.

Le 1er avril, des mains de son second fils le Jésuite, il recevait le saint viatique et l'extrême-onction, en présence de tous les siens. Six jours après, une péritonite s'étant déclarée, qui lui infligeait de vives souffrances, les médecins jugèrent qu'une intervention chirurgicale s'imposait. Le malade s'y soumit, disant que « l'homme doit tout faire pour prolonger sa vie autant qu'il plaît au Créateur de la lui laisser ». L'opération amena un soulagement momentané. M. de Bussy entretenait son énergie en se faisant faire des lectures pieuses. Son vénérable frère le chanoine le visitait constamment, lui renouvelant chaque soir l'absolution de la Bonne Mort. De Rome, où lui-même avait voulu qu'elle se rendît, sa petite-fille lui envoyait la bénédiction du Saint Père. Mais la faiblesse augmentait, les voies respiratoires se prenaient et, le 24 avril, on était réduit à recourir à des inhalations continues d'éther. M. de Bussy demanda son chapelet, qu'il baisa pieusement, puis on l'entendit réclamer « une dernière absolution », que son frère lui donna en pleurant. Quelques minutes après, le bon serviteur de Dieu entrait dans l'éternel repos.

Les obsèques de M. de Bussy furent très simples. Il l'avait voulu ainsi, refusant les honneurs militaires, auxquels son grade de grand-officier de la Légion d'honneur lui donnait droit. Non seulement cette pompe répugnait à sa modestie, mais il était résolu à ne pas fournir de prétexte à l'application des règlements qui, depuis quelques années, interdisent en France aux troupes d'honneur l'entrée de l'église. Sa famille accepta du moins que le Président de l'Académie des Sciences et quelques-uns de ses confrères figurassent au cortège. Elle permit également que, devant sa tombe, au cimetière Montparnasse, un bref hommage lui fût rendu, d'abord par M. Eynaud, au nom du corps du Génie maritime, puis par M. Guyou, au nom de la section de navigation à l'Académie des Sciences, enfin par M. Daymard, vice-président de l'Association technique maritime.

Et maintenant, pour conclure, nous n'ajouterons qu'un mot : à notre époque, nombre de gens, désireux de donner une apparence de prétexte aux perpétuelles révoltes de l'orgueil et de la concupiscence, s'en vont répétant que la science est incompatible avec la religion. Ils osent prétendre que cette dernière asservit les volontés et abêtit les intelligences.

A ceux que de telles affirmations pourraient ébranler, nous dirons : regardez les hommes tels que M. de Bussy. Celui-là fut un savant incontesté, en même temps qu'un homme de bien et un grand serviteur du pays. C'est précisément dans l'énergique simplicité de ses convictions religieuses qu'il a puisé toutes les inspirations de sa belle carrière. Puisse-t-il, pour le bien de l'humanité, trouver de nombreux imitateurs !

A. de Lapparent.

LA TOILE DES ÉPEIRES

Le filet de l'oiseleur est une des ingénieuses scélératesses de l'homme. Au moyen de cordages, de piquets et de quatre bâtons, deux grandes nappes de mailles couleur de terre sont tendues sur le sol, l'une à droite, l'autre à gauche d'une aire dénudée. Une longue corde, que manœuvre, au moment opportun, le chasseur blotti dans une hutte de broussailles, les fait mouvoir et brusquement les rabat à la façon de volets qui se ferment.

Entre les deux sont réparties les cages des appelants, linottes et pinsons, verdiers et bruants jaunes, proyers et ortolans, qui, d'ouïe subtile, perçoivent à distance le passage d'une bande des leurs et lancent aussitôt une brève note d'appel. L'un d'eux, le *sambé*, irrésistible tentateur, sautille et bat des ailes en apparente liberté ; un cordon le retient à son poteau de forçat. Si, brisé de fatigue, le patient se couche sur le ventre et refuse de fonctionner, il est loisible à l'oiseleur de le ranimer sans bouger de sa hutte. Une longue ficelle fait jouer un petit levier mobile sur un pivot. Soulevé de terre par la diabolique machinette, l'oiseau vole, retombe, remonte à chaque secousse du cordon.

Au doux soleil d'une matinée d'automne, l'oiseleur attend. Soudain, vive agitation dans les cages. Les pinsons, coup sur coup, jettent leur cri de ralliement, *pinck ! pinck !* Il y a du nouveau dans les airs. Vite le *sambé*. Ils arrivent, les naïfs, ils descendent sur l'aire perfide. D'un

prompt effort, l'embusqué tire sa corde. Les nappes se referment ; toute la bande est prise.

Il y a dans les veines de l'homme du sang de bête fauve. L'oiseleur accourt au massacre. De la pression du pouce, il étouffe le cœur, il défonce le crâne aux captifs. Les oisillons, lamentable gibier, iront au marché, assemblés par douzaines avec un fil passé dans les narines.

En ingéniosité scélérate, le filet de l'Épeire peut soutenir la comparaison avec celui de l'oiseleur ; il le dépasse même si, patiemment étudié, il nous révèle les principaux traits de sa haute perfection. Quel art d'exquise délicatesse pour arriver à faire curée de quelques mouches ! Nulle part, dans l'entière série des bêtes, le besoin de manger n'a inspiré industrie plus savante. Que le lecteur veuille bien méditer l'exposé qui va suivre, et certainement il partagera mon admiration.

Tout d'abord il convient d'assister à la confection du filet ; il faut voir construire, revoir et puis revoir encore, car le devis d'un ouvrage aussi complexe ne se lit que par fragments. Aujourd'hui l'observation nous livre un détail ; demain elle nous en livrera un second, donnant éveil sur des aperçus nouveaux ; les séances se multiplient et chaque fois un fait, corroborant les autres ou lançant l'idée en des voies non prévues, s'ajoute à la somme des données acquises.

La pelote de neige, roulant sur le blanc tapis, devient boule énorme si mince que soit chaque fois la couche superposée. Ainsi de la vérité dans les sciences d'observation : elle se fait avec des riens amassés par la patience.

L'enclos dont je dispose, peuplé d'ailleurs par mes soins des sujets les plus renommés, soumet à mon examen six Épeires différentes, toutes les six de taille avantageuse, toutes les six filandières de haut talent, savoir : l'Épeire fasciée (*Epeira fasciata* Walck.), l'Épeire soyeuse

(*Epeira sericea* Walck.), l'Épeire angulaire (*Epeira angulata* Walck.), l'Épeire pâle (*Epeira pallida* Oliv.), l'Épeire diadème (*Epeira diadema* Clerck.), l'Épeire cratère (*Epeira cratera* Walck.).

Aux heures requises, toute la bonne saison, il m'est loisible de les interroger, de les suivre dans leurs travaux, tantôt l'une, tantôt l'autre, suivant les chances de la journée ; ce que je n'ai pas bien vu la veille, je peux le voir le lendemain en de meilleures conditions, et les jours d'après à souhait, jusqu'à ce que le fait étudié se dévoile en pleine clarté.

Pour chacune des six Épeires, dire en particulier la marche du travail serait inutilement se répéter, toutes les six ont les mêmes méthodes et tissent des filets semblables, sauf en certains détails dont l'exposé viendra plus tard. Je résume donc en un commun ensemble les données fournies soit par l'une soit par l'autre.

Mes sujets sont en premier lieu les jeunes. à faible corpulence, bien éloignée de ce qu'elle doit devenir dans l'arrière-saison. Ces débutantes ont pour l'observateur un avantage très précieux : elles travaillent de jour, même au soleil, tandis que les vieilles ne tissent que de nuit, à des heures indues. Elles nous montrent, sans grave difficulté, les secrets de leurs ateliers ; les autres nous les cachent.

C'est en juillet, une paire d'heures avant le coucher du soleil, que le travail commence. Alors les filandières de l'enclos quittent leurs cachettes diurnes, choisissent leurs postes et se mettent à filer, qui d'ici, qui de là. Elles sont nombreuses ; nous pouvons choisir à notre convenance. Arrêtons-nous devant celle-ci, surprise au moment où se posent les bases de la construction.

Sans aucun ordre appréciable, elle parcourt la haie de romarins, d'une sommité de rameau à l'autre. A mesure, elle met en place un fil, tiré de sa tréfilerie au moyen des peignes des pattes postérieures. En cet ouvrage préparatoire, nulle apparence de plan combiné. Fougueuse, la

bête va, vient comme au hasard ; elle monte, descend, remonte, replonge et consolide chaque fois le point d'attache avec des amarres multiples, çà et là réparties. Le résultat est un maigre échafaudage désordonné.

Est ce désordonné qu'il faut dire ? Peut-être non. Mieux expert que le mien en ces sortes d'affaires, le regard de l'Épeire a reconnu la disposition générale des lieux ; puis l'édifice funiculaire s'est construit en conséquence, très incorrect à mon avis, très convenable aux projets de l'aranéide. Que veut l'Épeire, en effet ? Un solide cadre où se puisse enchâsser le réseau du filet. L'informe charpente qu'elle vient de construire remplit les conditions requises ; elle délimite une aire plane, libre et verticale. C'est tout ce qu'il faut.

En travers de l'aire si capricieusement circonscrite est tendu un fil spécial, première pièce du véritable réseau. Il se distingue des autres par son isolement, sa position à distance de toute brindille qui pourrait gêner son oscillante longueur. En son milieu un gros point blanc ne manque jamais, fait d'un coussinet de soie. C'est le jalon qui marque le centre du futur édifice ; c'est la mire qui guidera l'Épeire et mettra de l'ordre dans l'étourdissante mêlée des évolutions.

Le moment est venu de tisser la nappe de chasse. L'Araignée part du centre, porteur de la mire blanche, et à l'aide du fil transversal, gagne précipitamment la circonférence, c'est-à-dire le *cadre* irrégulier qui ceint l'aire libre. Toujours d'un brusque élan, elle retourne de la circonférence au centre ; elle recommence le va et revient, se porte à droite, à gauche, en haut, en bas ; elle se hisse, elle plonge, elle remonte, elle dévale pour aboutir constamment au jalon du point central par des voies d'une obliquité des plus inattendues. Chaque fois un rayon est posé, en un fol désordre dirait-on.

L'opération est si capricieusement conduite qu'il faut un examen soutenu pour s'y reconnaître à la fin. L'Araignée

gagne la marge de l'aire par l'un des rayons déjà tendus. Elle s'éloigne sur cette marge à quelque distance du point d'accès, fixe son fil au cadre et retourne au centre par le même chemin qu'elle vient de parcourir.

Le fil obtenu pendant le trajet en ligne brisée, partie sur le rayon et partie le long du cadre, est trop long pour la distance exacte entre le périmètre et le point central. Revenue en ce point, l'Araignée rectifie son fil, le tend au degré convenable, le fixe et rassemble l'excédent sur la mire centrale. Pour chaque rayon tendu même emploi du surplus, de façon que la mire va s'accroissant d'ampleur. C'était d'abord un point, c'est à la fin pelote et même coussinet de quelque étendue.

Nous verrons tout à l'heure ce que devient ce coussinet où l'Araignée, parcimonieuse ménagère, dépose ses économies de bouts de fil ; pour le moment, constatons que l'Épeire le travaille de la patte après chaque rayon posé, le carde de ses griffettes, le feutre avec une assiduité qui s'impose à l'attention. Ce faisant, elle donne aux rayons un solide appui commun, une sorte de moyeu comparable à celui des roues de nos voitures.

La régularité finale de l'ouvrage semblerait affirmer que les rayons sont filés dans l'ordre même de leur succession sur la toile, de proche en proche, chacun immédiatement après son voisin. Les choses se passent d'une autre manière, qui paraît d'abord désordre mais est, en réalité, judicieuse combinaison.

Après avoir tendu quelques rayons dans un sens, l'Épeire accourt du côté opposé pour en tendre d'autres dans la direction contraire. Ces brusques changements d'orientation sont d'une haute logique ; ils nous montrent à quel point l'Araignée est versée dans l'équilibre des cordages. S'ils se succédaient régulièrement, les rayons d'un groupe, n'ayant pas encore d'antagonistes, déformeraient l'ouvrage par leur tension, le ruineraient même faute d'appui stable. Avant de continuer, il est nécessaire

de tendre un groupe inverse qui maintient l'ensemble par sa résistance. A tout système qui tire dans un sens doit aussitôt s'en opposer un autre qui tire en sens contraire. Ainsi l'enseigne notre statique, ainsi le pratique l'Épeire, experte dans les secrets des constructions funiculaires.

De ce travail discontinu, en apparence désordonné, va résulter, dirait-on, un ouvrage confus. Erreur. Les rayons sont équidistants et forment un soleil de belle régularité. Leur nombre est caractéristique de chaque espèce. Dans sa toile, l'Épeire angulaire en met 21 ; l'Épeire fasciée, 32 ; l'Épeire soyeuse, 42. Sans être absolument fixes, ces nombres varient très peu. Or qui de nous, d'emblée, sans longs tâtonnements, sans instruments de mensuration se chargerait de partager le cercle en telle multiplicité de secteurs d'égale ouverture ? Alourdies de besace et titubant sur des fils que le vent agite, les Épeires, sans y prendre garde, pratiquent la délicate opération. Elles y parviennent par une méthode que notre géométrie qualifierait d'insensée. Avec le désordre elles font de l'ordre.

N'allons pas leur attribuer cependant plus qu'il ne leur revient. L'égalité des angles n'est qu'approximative ; elle satisfait aux exigences du regard sans pouvoir supporter l'épreuve d'une mensuration rigoureuse. La précision mathématique serait ici superflue. N'importe, on est émerveillé du résultat obtenu. Comment fait l'Épeire pour réussir dans son difficultueux problème ? En vain je me le demande.

La pose des rayons est terminée. L'Araignée se campe au centre, sur le coussinet provenant de la mire initiale et des bouts de fil retranchés. A la faveur de cet appui, doucement elle tourne sur place. Un minutieux travail l'occupe. Avec un fil d'extrême finesse, elle décrit d'un rayon à l'autre, à partir du centre, un trait spiral à tours très serrés. La région centrale travaillée de la sorte atteint, dans les toiles des adultes, l'ampleur de la paume

de la main ; dans les toiles des jeunes, elle est très réduite mais ne manque jamais. Pour des motifs dont l'explication sera fournie dans le courant de cette étude, je l'appellerai désormais l'*aire de repos*.

Puis le fil augmente de grosseur. Le premier se voyait à peine, le second est nettement visible. A grands pas obliques, l'Araignée se déplace, tourne un petit nombre de fois en s'éloignant de plus en plus du centre, fixe à mesure sa cordelette sur le rayon traversé, et aboutit enfin à la marge inférieure du cadre. Elle vient de décrire une spire à tours d'ampleur rapidement croissante. Un centimètre est la distance moyenne d'un tour à l'autre même dans les constructions des jeunes.

Que ce terme de *spire*, impliquant l'idée d'une ligne courbe, ne nous égare pas. Toute courbe est bannie de l'ouvrage des Épeires ; il n'y est fait emploi que de la droite et de ses combinaisons. On a simplement en vue ici une ligne polygonale qui serait inscrite dans une courbe telle que l'entend la géométrie. A cette ligne polygonale, ouvrage temporaire destiné à disparaître à mesure que se filera le véritable lacs, je donnerai le nom de *spirale auxiliaire*.

Elle a pour objet de fournir des traverses, des échelons d'appui, surtout dans la zone marginale où les rayons, trop distants l'un de l'autre, ne peuvent donner base convenable de sustentation. Elle a pour objet aussi de diriger l'Araignée dans le travail d'extrême délicatesse qu'elle va maintenant entreprendre.

Le moment est venu de travailler à l'essentiel, au lacs captateur pour lequel tout le reste n'est qu'un support. Agrippée d'une part aux rayons, d'autre part aux traverses de la spirale auxiliaire, l'Épeire fait en sens inverse le trajet qu'elle a fait en posant cette spirale ; elle s'éloignait du centre, maintenant elle s'en rapproche et par des circuits plus serrés, plus nombreux. Elle part de la base de la spire auxiliaire, non loin du cadre.

Ce qui suit est d'observation pénible, tant les mouvements sont prestes et saccadés. C'est une suite de petits élans brusques, d'oscillations, de courbettes qui déconcertent le regard. Il faut une attention soutenue et des examens répétés pour démêler un peu la marche du travail.

Les deux pattes postérieures, outils de tissage, sont en continuelle activité. Désignons-les d'après leur position sur l'atelier. J'appelle *patte intérieure* celle qui fait face au centre de l'enroulement lorsque l'animal chemine ; et *patte extérieure* celle qui se trouve en dehors de cet enroulement.

Cette dernière tire le cordonnet de la filière et le passe à la patte intérieure qui, d'un geste gracieux, le dépose sur le rayon traversé. En même temps la première patte s'informe de la distance ; elle harponne le dernier circuit mis en place et amène à la portée convenable le point du rayon où le fil doit se souder. Aussitôt le rayon touché, le fil s'y fixe par son propre gluten. Pas de lents procédés, pas de nœuds ; la soudure se fait d'elle-même.

Cependant, à mesure qu'elle tourne par étroits degrés, la filandière se rapproche des traverses auxiliaires qui viennent de lui servir d'appui. Quand enfin elles sont trop près, ses traverses doivent disparaître ; elles gêneraient la régularité de l'ouvrage. L'Araignée harponne donc, pour soutien, les échelons d'un rang supérieur ; elle cueille un à un, à mesure qu'elle chemine, ceux qui ne lui servent plus, et les rassemble en une subtile pelote au point d'attache sur le rayon suivant. De là résulte une série d'atomes soyeux, jalonnant le trajet de la spire disparue.

Il faut une incidence favorable de la lumière pour distinguer ces points, seuls restes du fil auxiliaire ruiné. On les prendrait pour des granules de poussière si leur distribution, d'une impeccable régularité, ne faisait songer à la spirale disparue. Ils persistent, toujours reconnaissables, jusqu'au délabrement final du réseau.

Et sans arrêt aucun, l'Araignée vire, vire encore, vire toujours, se rapprochant du centre et répétant la soudure de son fil sur chaque rayon traversé. Une bonne demi-heure, une heure même chez les adultes, se dépense en circuits de spirale, au nombre d'une cinquantaine pour la toile de l'Épeire soyeuse, d'une trentaine pour celles de l'Épeire fasciée et de l'Épeire angulaire.

Enfin à quelque distance du centre, sur les confins de ce que j'ai appelé l'*aire de repos*, l'Araignée termine sa spirale de façon brusque, alors que l'espace suffirait encore pour un certain nombre de tours. Nous verrons tout à l'heure le motif de cet arrêt soudain. Alors, à la précipitée, l'Épeire, n'importe laquelle, jeune ou vieille, se jette sur le coussinet central, l'extirpe et le roule en une pelote que je m'attendais à voir rejeter.

Pas du tout : l'économie ne lui permet pas cette prodigalité. Elle mange le coussinet, d'abord jalon initial, puis amas de bouts de fil; elle remet en fusion dans le creuset digestif ce qui doit rentrer sans doute dans le trésor de la soie. La bouchée est coriace, d'élaboration stomacale pénible, mais enfin c'est précieux et ne doit pas se perdre. Cette déglution termine le travail. Tout aussitôt, l'Épeire s'installe à son poste de chasse, au centre de la toile, la tête en bas.

Portons maintenant notre attention sur le réseau, de préférence sur ceux de l'Épeire soyeuse et de l'Épeire fasciée, si fréquents en automne dans ma région et si remarquables d'ampleur. Nous reconnaîtrons d'abord que les rayons y sont équidistants ; ils forment de l'un à l'autre des angles sensiblement égaux, et cela malgré leur multiplicité, qui dépasse la quarantaine dans l'ouvrage de l'Épeire soyeuse. Nous reconnaîtrons aussi que, dans chaque secteur, les divers échelons, éléments des tours de spire, sont parallèles entre eux et deviennent, petit à petit, plus rapprochés les uns des autres à mesure qu'ils sont situés plus avant vers le centre. Avec les deux rayons

qui les limitent, ils forment d'un côté un angle obtus et de l'autre un angle aigu, angles qui se maintiennent constants dans le même secteur à cause du parallélisme.

Il y a plus : d'un secteur à l'autre, ces mêmes angles, l'obtus comme l'aigu, ne changent pas de valeur, autant que peuvent en juger les scrupules du regard seul. En son ensemble, l'édifice funiculaire est donc une série de traverses qui coupent obliquement les divers rayons sous des angles de valeur invariable. A ce caractère se reconnaît la *spirale logarithmique*. Les géomètres appellent de ce nom la courbe qui coupe obliquement, sous des angles de valeur constante, toutes les droites ou *rayons vecteurs* s'irradiant d'un centre appelé *pôle*. Le tracé des Épeires est dans une ligne polygonale inscrite dans une spirale logarithmique. Il se confondrait avec cette spirale si le nombre des rayons était illimité, ce qui rendrait les éléments rectilignes infiniment courts et changerait la ligne polygonale en ligne courbe.

Or cette spirale logarithmique, l'une des courbes les plus curieuses par ses propriétés, est-elle une simple conception des géomètres, une pure rêverie dans la nuit du difficile, une énigme abstraite jetée en pâture à notre entendement ? Non, c'est une réalité au service de la vie, un tracé dont l'architecture animale fréquemment fait usage. Le mollusque, en particulier, n'enroule jamais la rampe à vis de sa coquille sans consulter la savante courbe. Les premiers-nés de la série l'ont connue et pratiquée, aussi parfaite aux premiers âges du monde qu'elle peut l'être aujourd'hui.

Étudions à ce sujet les Ammonites, vénérables reliques de ce qui fut autrefois la plus haute expression des vivants lorsque s'ébauchait la terre ferme avec les boues océaniques. Taillé et poli dans le sens de sa longueur, le fossile nous montre une superbe spirale logarithmique, norme générale de l'habitation qui fut un palais de nacre, à chambres multiples traversées d'un siphon.

Aujourd'hui, le dernier représentant des Céphalopodes à coquille cloisonnée, le Nautile des mers de l'Inde, reste fidèle à l'antique devis ; il n'a pas trouvé mieux que ses lointains prédécesseurs. Il a changé le siphon de place, l'a mis au centre au lieu de le laisser sur le dos, mais il enroule toujours logarithmiquement sa spire comme le pratiquaient les Ammonites aux premiers âges du monde.

Et n'allons pas croire que ces princes des Mollusques aient le monopole de la savante courbe. Dans les eaux tranquilles de nos fossés herbeux, des coquillages aplatis, les humbles Planorbes, parfois guère plus grands qu'une lentille, rivalisent de haute géométrie avec l'Ammonite et le Nautile. Tel d'entre eux, le *Planorbis vortex* par exemple, est une merveille d'enroulement logarithmique.

Semblable géométrie se retrouve dans les coquilles en cône allongé, les Turritelles, les Fuseaux, les Cérithes, ainsi que dans les coquilles en cône surbaissé, les Troques, les Turbos. Ne font pas exception les globuleuses, les enroulées en volute. Toutes, jusqu'au trivial Escargot, sont construites dans l'ordre logarithmique. La spirale célèbre parmi les géomètres est le plan général suivi par le Mollusque enroulant son étui de pierre.

D'où provient telle science chez ces glaireux ? On nous dit : le Mollusque dérive du Ver. Or, un jour, émoustillé par le soleil, le Ver s'émancipa, brandit sa queue, la tirebouchonna d'allégresse. Du coup était trouvé le plan de la future coquille spiralée.

Voilà ce qui s'enseigne très sérieusement aujourd'hui comme le dernier mot du progrès scientifique Reste à savoir jusqu'à quel point l'explication est acceptable. Pour sa part l'Épeire n'en veut absolument pas. Non parente du Ver, dépourvue d'appendice apte à se tirebouchonner, elle connaît cependant la spire à logarithmes.

Serait-ce de sa part combinaison préméditée ; y aurait-il calcul, mensuration d'angles faite par le regard ou autrement ? J'incline à croire qu'il n'y a rien du tout, du

moins rien autre qu'une propension innée, dont l'animal n'a pas à régler les effets pas plus que la plante ne règle l'agencement de ses verticilles floraux. L'Épeire fait de la haute géométrie sans le savoir, sans y prendre garde. Cela marche tout seul, le branle étant donné par un instinct imposé dès l'origine.

La géométrie, c'est-à-dire l'harmonie dans l'étendue, préside à tout. Elle est dans l'arrangement des écailles d'un cône de pin comme dans l'arrangement des fils d'une Épeire ; elle est dans la rampe d'un Escargot comme dans l'orbite d'une planète ; elle est partout, aussi savante dans le monde des atomes que dans le monde des immensités. Et cette géométrie universelle nous parle d'un Universel Géomètre dont le divin compas a tout mesuré. Comme explication de la logarithmique de l'Ammonite et de l'Épeire, j'aime mieux cela que le Ver se tortillant le bout de la queue. Ce n'est peut-être pas bien conforme aux enseignements d'aujourd'hui, mais c'est d'une plus haute envolée.

A sa perfection géométrique, le réseau spiral des Épeires joint des combinaisons d'effrayante science. Donnons de préférence notre attention à celui de l'Épeire soyeuse, ou bien de l'Épeire fasciée, observables l'un et l'autre dès le matin dans leur pleine fraîcheur.

A la simple vue, le fil qui le compose diffère de celui de la charpente et des rayons. Il miroite au soleil, paraît noduleux et donne l'idée d'un chapelet d'atomes. L'observer avec la loupe sur la toile même n'est guère praticable à cause de l'agitation du tissu qui tremblote au moindre souffle. En passant une lame de verre sous la nappe et soulevant, j'emporte quelques tronçons du fil à étudier, tronçons qui restent fixés sur le verre en lignes parallèles. Maintenant loupe et microscope peuvent intervenir.

Le spectacle est stupéfiant. Ces fils, touchant aux confins du visible et de l'invisible, sont des torsades à tours très serrés, semblables à ces enroulements élastiques

que notre industrie prépare avec des fils de laiton. De plus, ils sont creux. L'infiniment subtil est un tube, un canal plein d'une humeur visqueuse pareille à une forte dissolution de gomme arabique. Cette humeur, je la vois s'épancher en traînées diaphanes par les extrémités rompues. Sous la pression de la mince lamelle qui les recouvre sur le porte-objet du microscope, les torsades s'étirent, deviennent des rubans tordus, parcourus d'un bout à l'autre, en leur milieu, par un trait sombre qui est la capacité vide.

A travers la paroi de ces fils tubulaires, roulés en lignes torses, l'humeur contenue doit suinter petit à petit et de la sorte rendre le réseau visqueux. Il l'est en effet, et de façon à provoquer la surprise. D'une fine paille, je touche à plat trois ou quatre échelons d'un secteur. Si doux que soit le contact, l'adhérence est soudaine. Avec la paille soulevée, les fils viennent, s'étirent, doublent et triplent leur longueur à la façon d'un fil de gomme élastique. Enfin trop tendus, ils se détachent sans rupture, ils se rectifient de nouveau dans leur position première. Ils s'étirent en déroulant leur torsade, ils se raccourcissent en l'enroulant de nouveau ; enfin ils deviennent adhésifs en se vernissant de l'humeur visqueuse dont ils sont pleins.

En somme, le fil spiral est un tube capillaire comme jamais notre physique n'en possédera d'aussi menus. Il est roulé en torsade afin d'avoir une élasticité qui lui permette, sans se rompre, de se prêter aux tiraillements du gibier capturé ; il tient en réserve, dans son canal, une provision de viscosité afin de renouveler, par une incessante exsudation, les vertus adhésives de la surface à mesure que l'exposition à l'air les affaiblit. C'est tout naïvement merveilleux.

L'Épeire ne chasse pas aux lacets, elle chasse aux gluaux. Et quels gluaux ? Tout s'y prend, même l'aigrette du Pissenlit, qui mollement les effleure. Néanmoins l'Épeire, en rapport continuel avec sa toile, ne s'y prend

pas. Pourquoi ? — Rappelons d'abord que l'Araignée s'est ménagé au milieu de son piège une aire dans la structure de laquelle n'entre pas le fil spiral visqueux. Nous avons vu que ce fil s'arrête brusquement à quelque distance du centre. Il y a là, dans une étendue qui sur les grandes toiles représente à peu près la paume de la main, un tissu formé des rayons et du commencement de la spirale auxiliaire, tissu neutre où la paille exploratrice n'obtient nulle part adhésion.

En cette région centrale, aire de repos, et uniquement là, stationne l'Épeire, attendant des journées entières l'arrivée du gibier. Si intime et si prolongé que soit son contact avec cette partie de la nappe, elle ne court aucun risque de s'y engluer, l'enduit visqueux manquant ainsi que la structure torse et tubulaire dans toute la longueur des rayons et dans toute l'étendue de la spire auxiliaire. Un fil simple, rectiligne et plein compose ces pièces, de même que le reste de la charpente.

Mais lorsqu'une proie vient de se prendre, souvent tout au bord de la toile, il faut vite accourir pour la ligoter et maîtriser ses efforts de délivrance. L'Araignée marche alors sur son réseau, et je n'aperçois pas qu'elle en éprouve le moindre embarras. Les gluaux mêmes ne sont pas soulevés par le déplacement des pattes.

En mon jeune temps, lorsque nous allions, en bande, le jeudi, essayer de prendre un chardonneret dans les chènevières, avant d'enduire de glu les vergettes, on se frottait les doigts avec quelques gouttes d'huile pour ne pas s'empêtrer dans la viscosité. L'Épeire connaîtrait-elle le secret des corps gras ? Essayons.

Je frotte ma paille exploratrice avec du papier légèrement huilé. Appliquée sur le fil spiral de la toile, maintenant elle n'adhère plus. Le principe est trouvé. Sur une Épeire vivante, je détache une patte. Mise telle quelle en contact avec les gluaux, elle n'y adhère pas mieux que sur les cordages neutres, rayons et pièces de la charpente.

Il fallait s'y attendre d'après l'immunité générale de l'Araignée.

Mais voici qui change à fond le résultat. Je mets cette patte macérer un quart d'heure dans du sulfure de carbone, dissolvant par excellence des corps gras. Avec un pinceau imbibé de ce liquide, je la lave soigneusement. Cette lessive faite, la patte s'englue très bien au fil captateur et y adhère tout autant que le ferait le premier objet venu, la paille non huilée par exemple.

Ai-je rencontré juste en considérant une matière grasse comme le préservatif de l'Épeire exposée aux perfidies de sa rosace de gluaux ? L'action du sulfure de carbone semble l'affirmer. Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce que pareille matière, si fréquente dans l'économie animale, ne vernisse très légèrement l'Araignée par le seul fait de la transpiration. Nous nous frottions les doigts d'un peu d'huile pour manier les baguettes où devait se prendre le chardonneret ; de même l'Épeire se vernit d'une sueur spéciale pour opérer en tout point de sa toile sans crainte des gluaux.

Cependant une station trop prolongée sur les fils visqueux aurait des inconvénients. A la longue, un contact continuel avec ces fils pourrait amener certaine adhésion et gêner l'Araignée qui doit conserver toute sa prestesse pour courir sus à la proie avant qu'elle se dégage. Aussi, dans la structure du poste aux interminables attentes, n'entre-t-il jamais des fils glutineux.

C'est uniquement dans son aire de repos que l'Épeire se tient, immobile et les huit pattes étalées, prêtes à percevoir tout ébranlement de la toile. C'est encore là qu'elle prend sa réfection, souvent d'une longue durée lorsque la pièce saisie est copieuse ; c'est là qu'après l'avoir liée et mordillée, elle traîne toujours sa proie au bout d'un fil, afin de l'y consommer à l'aise sur une nappe non visqueuse. Comme poste de chasse et comme réfectoire, l'Épeire s'est ménagé une aire centrale exempte de glu.

Quant à cette glu, il n'est guère possible d'en étudier les caractères chimiques à cause de sa faible quantité. Le microscope nous la montre s'épanchant des fils rompus sous forme d'une traînée hyaline, quelque peu granuleuse. L'expérience que voici nous en apprend davantage.

Avec une lame de verre passée à travers la toile, je cueille une série de gluaux, qui restent fixés en traits parallèles. Je couvre cette lame d'une cloche reposant sur une couche d'eau. Bientôt, dans cette atmosphère saturée d'humidité, les fils s'enveloppent d'une gaine aqueuse qui, petit à petit, s'accroît et devient coulante. Alors la configuration en torsade a disparu et dans le canal se voit un chapelet d'orbes translucides, c'est-à-dire une série de gouttelettes d'extrême finesse.

Au bout de vingt-quatre heures, ces fils ont perdu leur contenu et se trouvent réduits à des traits presque invisibles. Si je dépose alors sur le verre une goutte d'eau, j'obtiens une dissolution visqueuse comme en donnerait une parcelle de gomme arabique. La conclusion est évidente : la glu des Épeires est une substance très hygrométrique ; dans une atmosphère saturée d'humidité, elle s'imprègne abondamment et filtre par exsudation à travers la paroi du fil tubulaire.

Ces données nous expliquent certains faits relatifs au travail de la toile. Les Épeires s'occupent de tissage surtout de nuit, à des heures très matinales, bien avant l'aube. Si l'air devient brumeux, il leur arrive de laisser l'ouvrage inachevé ; elles édifient la charpente générale, tendent les rayons, décrivent même la spirale auxiliaire, pièces qui sont toutes inaltérables par un excès d'humidité ; mais elles se gardent bien de travailler aux gluaux qui, imprégnés par le brouillard, se résoudraient en loques visqueuses et perdraient leur efficacité en se délavant. Le filet commencé s'achèvera la nuit suivante, si l'atmosphère est propice.

Si la haute hygrométrie du fil captateur a des inconvé-

nients, elle a surtout des avantages. Les Épeires affectionnent les chaudes expositions, violemment ensoleillées, où les Criquets se complaisent. Sous les torridités de la canicule, à moins de dispositions spéciales, les gluaux seraient donc exposés à se dessécher, à se racornir en filaments inertes et rigides. C'est tout le contraire qui arrive. Aux heures les plus brûlantes, ils se maintiennent souples, toujours élastiques et de mieux en mieux adhésifs.

Comment cela ? Par le seul fait de leur puissante hygrométrie. L'humidité, dont l'air n'est jamais dépourvu, lentement les pénètre ; elle délaye au degré requis l'épais contour de leurs tubes et le fait transsuder au dehors à mesure que s'épuise la viscosité précédente. Quel oiseleur serait capable de rivaliser avec l'Épeire dans l'art des gluaux ? Que de savante industrie pour capturer une Phalène, et ce n'est pas fini !

Des six Épeires objet de mes observations, deux seulement, la fasciée et la soyeuse, se tiennent constamment sur leurs toiles, même aux chaleurs d'un violent soleil. Les autres ne s'y montrent, en général, qu'à la nuit close. A quelque distance du filet, elles ont, dans les broussailles une retraite sommaire, une embuscade formée de quelques feuilles que rapprochent les fils tendus. C'est là que de jour et le plus souvent elles stationnent, immobiles et recueillies.

Mais cette vive lumière qui les importune est la joie des champs. Alors, mieux que jamais, bondit l'Acridien et divague la Libellule. D'ailleurs la nappe à gluaux, malgré les déchirures de la nuit, est d'ordinaire en état de servir encore. Si quelque étourdi s'y laisse prendre, l'Araignée, retirée au loin, ne saura-t-elle profiter de l'aubaine ? N'ayons crainte. A l'instant, elle arrive. Avertie comment ? Expliquons l'affaire.

La trépidation de la toile, bien mieux que la vue de l'objet, donne l'éveil. Une expérience très simple le démontre. Sur les gluaux d'une Épeire fasciée, je dépose

un Criquet asphyxié à l'instant même par le sulfure de carbone. La pièce morte est mise en place soit en avant, soit en arrière, soit sur les côtés de l'Araignée stationnaire au centre du filet.

D'abord rien ; l'Épeire persiste dans son immobilité, même lorsque le morceau est en face d'elle à une médiocre distance. Elle est indifférente à la présence du gibier, elle ne semble pas s'en apercevoir, si bien qu'elle finit par lasser ma patience. Alors avec une longue paille qui me permet de me dissimuler un peu, je fais trembloter le mort.

Il n'en faut pas davantage. L'Araignée accourt, ligote la pièce, la mordille, la traite enfin comme elle l'aurait fait d'un gibier vivant capturé dans les conditions normales. Il a fallu l'ébranlement de la toile pour la décider à l'attaque.

Peut-être la couleur grise du Criquet n'est-elle pas de visibilité assez nette pour provoquer, à elle seule, l'attention. Essayons alors le rouge, coloration des plus vives pour notre rétine et probablement aussi pour celle des Aranéides. Aucun des gibiers en usage chez les Épeires n'étant vêtu d'écarlate, je fais avec de la laine rouge un menu paquet, un appât du volume d'un Criquet. Je l'englue à la toile.

Mon artifice réussit. Tant que la pièce est immobile, l'Araignée ne s'émeut ; mais du moment que le paquet tremble, agité par ma paille, elle accourt empressée. Il y a des naïves qui touchent un peu la chose du bout des pattes, et sans autre information, l'emmaillotent de soie à la façon de l'habituel gibier. Elles vont même jusqu'à mordiller l'appât, suivant la règle de l'intoxication préalable. Alors seulement la méprise est reconnue, et la dupée se retire, ne revient plus, si ce n'est longtemps après pour rejeter hors de la toile l'encombrant objet.

Il y en a de rusées. Comme les autres, elles accourent au leurre de laine rouge que ma paille fait insidieusement

remuer ; elles l'explorent des palpes et des pattes, mais reconnaissant bientôt que la chose n'a pas de valeur, elles se gardent bien d'y dépenser leur soie en liens inutiles. Mon appât trépidant ne parvient pas à les tromper. Cela se rejette après bref examen.

Cependant les rusées comme les naïves accourent, même de loin, du fond de l'embuscade dans les ramées. Comment sont-elles renseignées ? Ce n'est certes pas par la vue. Avant de reconnaître leur erreur, il leur faut tenir l'objet entre les pattes et même le mordiller un peu. Elles sont d'une extrême myopie. A un travers de main de distance, la proie inerte, non apte à faire trembler la toile, reste inaperçue. D'ailleurs, en bien des cas, la chasse se pratique dans la profonde obscurité de la nuit, alors que la vue, fût-elle bonne, est hors de service.

Si les yeux sont des guides insuffisants même de près, que sera-ce quand il faut épier la proie de loin, du fond d'une embuscade au milieu de la ramée ? Dans ce cas, un appareil d'information à distance devient indispensable. Trouver cet appareil n'offre aucune difficulté. Derrière la toile d'une Épeire quelconque à cachette diurne, regardons attentivement : nous verrons un fil qui part du centre du réseau, monte en ligne oblique hors du plan de la nappe et aboutit à l'embuscade où pendant le jour se tient l'Araignée. Sauf au point central, nul rapport entre ce fil et le reste de l'ouvrage, nul entrecroisement avec les cordons de la charpente. Libre de toute entrave, le trait va droit du centre du filet au pavillon d'embuscade. Sa longueur est d'une coudée en moyenne. L'Épeire angulaire, haut établie dans les arbres, m'en a montré de deux à trois mètres.

A n'en pas douter, ce fil oblique est une passerelle qui permet à l'Araignée de se rendre à la hâte sur la toile lorsque des affaires pressantes l'y appellent, et puis, la tournée faite, de rentrer dans sa hutte. C'est, en effet, le chemin que je la vois suivre, allant ou revenant. Mais

est-ce tout ? Non, car si l'Épeire avait uniquement pour but une voie de rapide parcours entre son pavillon et son filet, la passerelle se rattacherait au bord supérieur du réseau. Le trajet serait plus court et la pente moins rapide.

En outre, pour quel motif ce cordon a-t-il invariablement son origine au centre du réseau, jamais ailleurs ? Parce que ce point est le lieu de concours des rayons, et de la sorte le centre commun des ébranlements. Tout ce qui remue sur la toile y transmet sa trépidation. Il suffit alors d'un fil issu de ce point central pour porter à distance l'avis d'un gibier se débattant en un point quelconque de la toile. La cordelette oblique, hors du plan de la nappe, est mieux qu'une passerelle ; c'est avant tout un appareil avertisseur, un fil télégraphique.

Consultons à cet égard l'expérience. Je dépose un Criquet sur le réseau. L'englué se démène. A l'instant l'Araignée sort fougueuse de sa hutte, descend par la passerelle, court sus à l'Acridien, l'enveloppe et l'opère suivant les règles. Peu après, elle le hisse fixé à la filière par un cordage, et l'entraîne dans sa cachette, où se fera longue réfection. Jusque-là rien de nouveau, les choses se passent comme d'habitude.

Je laisse l'Aranéide à ses propres affaires pendant quelques jours avant d'intervenir moi-même. C'est encore un Criquet que je me propose de lui donner ; mais cette fois, d'un léger coup de ciseaux, sans rien ébranler, je coupe au préalable le fil avertisseur. Le gibier est alors déposé sur la toile. Succès complet : l'empêtré se débat, fait trembler le filet ; de son côté l'Araignée ne bouge, comme indifférente aux événements.

L'idée pourrait venir qu'en cette affaire l'Épeire reste immobile dans sa hutte parce qu'elle ne peut accourir, la passerelle étant rompue. Détrompons-nous : cent voies pour une lui restent, toutes bonnes à la conduire sur les lieux où sa présence serait maintenant nécessaire. Le réseau se

rattache à la ramée par une foule de cordons, tous de transit très facile. Or l'Épeire ne s'engage sur aucun, elle persiste dans le recueillement et l'immobilité.

Pourquoi ? Parce que son télégraphe détraqué ne donne plus avis des tremblements de la toile. Elle ne voit pas le gibier pris, trop éloigné ; elle l'ignore. Une grosse heure se passe, l'Acridien ruant toujours, elle impassible et moi regardant. A la fin néanmoins éveil de l'Épeire, qui, ne sentant plus sous ses pattes l'habituelle tension du fil avertisseur rompu par mes ciseaux, vient s'informer de l'état de choses. L'accès de la toile se fait, sans difficulté aucune, par un cordon de la charpente, le premier venu. Le Criquet est alors aperçu et tout aussitôt enveloppé. Après quoi le fil avertisseur est refait, remplaçant celui que je viens de rompre. Par ce chemin, l'Araignée rentre chez elle, traînant sa proie.

Une puissante Épeire angulaire, avec son télégraphe de trois mètres de longueur, me réserve mieux encore. Dans la matinée, il m'arrive de trouver sa toile, maintenant déserte, à peu près intacte, preuve que pendant la nuit la chasse n'a pas été bonne. La bête doit être en appétit. Avec l'amorce d'un gibier, parviendrai-je à la faire descendre de sa retraite élevée ?

J'empêtre dans la toile une pièce de choix, une Libellule qui désespérément se débat et fait trembler tout le filet. L'autre, là-haut, quitte sa cachette dans la verdure, descend par rapides enjambées le long de son fil informateur, vient à la Libellule, la ligote et tout aussitôt remonte chez elle par le même chemin, avec sa capture qui lui pendille sur les talons au bout d'un fil. La consommation de la pièce se fera dans la tranquillité du vert reposoir.

Quelques jours après, les conditions restant les mêmes, je recommence en coupant au préalable le fil avertisseur. En vain je fais choix d'une forte Libellule, gibier très remuant, en vain je patiente. L'Araignée ne descend pas

de toute la journée. Son télégraphe étant rompu, elle n'a pas avis de ce qui se passe là-bas, à trois mètres de profondeur. La pièce empêtrée reste sur place, non méprisée mais non connue. Le soir, à la nuit close, l'Épeire quitte sa case, vient sur les ruines de sa toile, trouve la Libellule, et sur les lieux mêmes en fait curée. Après quoi le filet est renouvelé.

Une autre Épeire angulaire, des mieux bedonnantes, a filé sa toile entre deux lauriers-tins, sur une largeur de près d'un mètre. Le soleil donne sur le piège, quitté bien avant l'aube. L'Araignée est dans son manoir diurne, qu'il est aisé de trouver en suivant le fil télégraphique ; c'est une casemate de feuilles mortes, rapprochées à l'aide de quelques brins de soie. Le refuge est profond ; l'Araignée y disparaît en entier, moins la rotondité de l'arrière-train, qui fait barricade à l'entrée de la cachette.

Ainsi plongée de l'avant dans le fond de sa hutte, l'Épeire ne voit certainement pas sa toile. Posséderait-elle une bonne vue au lieu d'être myope, elle est dans l'impossibilité absolue de suivre du regard l'arrivée de la proie. A cette heure d'illumination vive, renoncerait-elle à la chasse ? Pas du tout. Regardons encore.

Merveille ! L'une des pattes postérieures est tendue hors de la cabane de feuillage, et juste à l'extrémité de cette patte aboutit le fil avertisseur ! Qui n'a pas vu l'Épeire en cette posture, le télégraphe en main, ignore l'une des plus curieuses ingéniosités de la bête. Qu'un gibier survienne, et la somnolente, aussitôt mise en émoi par la patte réceptrice des vibrations, s'empresse d'accourir. Un Criquet que je dépose moi-même sur le filet, lui vaut cette agréable alerte et ce qui s'ensuit. Si elle est satisfaite de sa capture, je le suis encore plus de ce que je viens d'apprendre.

Le lendemain, je coupe le fil télégraphique, tenu, comme hier, de l'une des pattes postérieures tendue hors de la cabane. Je dépose alors sur la toile proie double,

Libellule et Criquet. Celui-ci lance des ruades avec ses longs tibias éperonnés, l'autre frémit des ailes. La toile est agitée de telle façon que, tout à côté de la niche de l'Épeire, quelques feuilles de l'arbre remuent, mises en branle par les fils de la charpente en rapport avec elles.

Et ce tremblement, même dans un étroit voisinage, n'émeut du tout l'Araignée, ne la fait pas se retourner pour s'informer de ce qui se passe. Du moment que son cordon avertisseur ne fonctionne plus, elle ne sait plus rien des faits. De tout le jour, elle ne bouge. Le soir, vers les huit heures, elle sort pour tisser la nouvelle toile et trouve enfin la riche aubaine ignorée jusqu'ici.

Un mot encore. La toile est bien des fois agitée par le vent. Les diverses pièces de la charpente, secouées et tiraillées par les remous de l'air, ne peuvent manquer de transmettre leur ébranlement au fil avertisseur. Néanmoins l'Araignée ne sort pas de sa hutte, indifférente aux commotions du réseau. Son appareil est donc mieux qu'une sorte de cordon de sonnette qui tire et propage l'impulsion ; c'est un téléphone capable de transmettre, comme le nôtre, les frémissements moléculaires, origine du son. Agrippant d'un doigt son fil téléphonique, l'Araignée écoute de la patte; elle perçoit les vibrations intimes ; elle distingue ce qui est vibration venue d'un captif et ce qui est simple secousse déterminée par le vent.

J.-H. Fabre.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre VIII

LA STATIQUE DU MOYEN AGE ET LÉONARD DE VINCI

La science ne connaît point de génération spontanée. Les découvertes les plus imprévues n'ont jamais été créées de toutes pièces au sein de l'intelligence qui les a enfantées. Toujours, elles sont issues d'un premier germe dont ce génie avait reçu le dépôt ; le rôle de ce génie s'est borné à accroître et à développer la petite graine semée en lui jusqu'à ce que l'arbre aux frondaisons puissantes donnât ses fleurs et ses fruits.

Nous avons admiré, en étudiant la Statique de Léonard de Vinci (2), la végétation d'idées neuves la plus touffue, la plus luxuriante qu'il soit possible d'imaginer. Nous allons maintenant rechercher les semences qui ont donné naissance à cette forêt de découvertes. Ce que nous savons de la Statique du moyen âge nous aidera grandement dans cette recherche.

Il va nous être possible de démêler les influences qui se sont exercées sur l'intelligence du grand peintre ; nous verrons comment ses opinions se sont formées en Statique, tantôt en développant certaines propositions formulées par un géomètre appartenant à l'École de Jordanus, tantôt

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, et juillet 1904, p. 9.

(2) Voir Chapitre II.

en réfutant les assertions émises par un mécanicien de la même École.

1. *L'École de Jordanus, le traité de Blaise de Parme et la Statique de Léonard de Vinci*

Il n'est pas besoin de feuilleter longuement les manuscrits de Léonard de Vinci pour reconnaître que les problèmes où l'on tient compte non seulement des poids pendus au fléau d'une balance, mais du poids même du fléau, que les questions traitées par Charistion et par Thâbit ibn Kurrah, ont vivement sollicité son attention.

« Pour essayer un homme, dit-il (1), et voir s'il a un

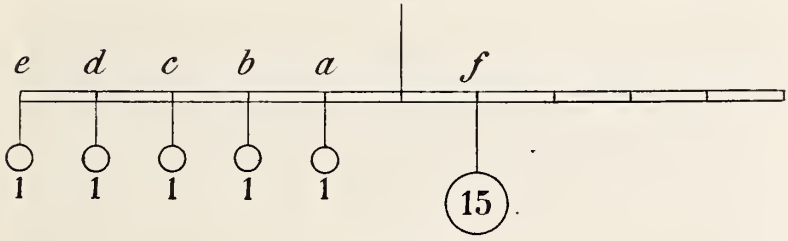


fig. 31.

vrai jugement de la nature des poids, demande-lui en quel endroit on doit couper un des deux bras égaux de la balance, en sorte que la partie coupée, attachée à l'extrémité de son reste, fasse contre-poids avec précision au bras opposé (ce qui n'est jamais possible) et, s'il te donne la position, il est un triste mathématicien. »

Les considérations par lesquelles Léonard de Vinci traite ces sortes de problèmes sont, d'ailleurs, tout à fait analogues à celles qui sont données au livre publié par Thâbit ou plus sommairement exposées en la dernière proposition de Jordanus. Citons-en quelques exemples :

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 68, verso.

« *Du poids* (1). Si les deux bras de la balance (fig. 31) sont divisés en parties égales, et qu'une livre soit placée à chacun des points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, je demande combien de livres leur feront résistance en *f* ?

» Tu feras ainsi : *a* fait résistance à une livre placée en *f*, *b* fait résistance à 2, *c* à 3, *d* à 4, *e* à 5, de sorte que toute la somme fait résistance aux 15 livres placées en *f*.

» *Du poids*. Si une balance (fig. 32) a un poids qui soit

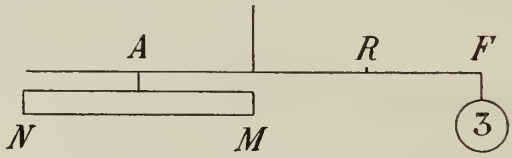


fig. 32.

semblable en longueur à un de ses bras, soit MN, qui soit de 6 livres, combien de livres placées en F lui feront résistance ? Je dis que 3 livres suffisent, parce que, si le poids MN a la même longueur qu'un des bras, tu pourras estimer qu'il est placé au milieu de ce bras de balance, au point A ; donc, s'il y en a 6 livres, 6 autres livres placées en R leur feront résistance, et si tu tires une fois autant en avant, jusqu'à l'extrémité de la balance, au point R, 3 livres leur feront résistance.

» *Du centre de la gravité* (2). Le centre de la gravité suspendue est dans la ligne centrale de la corde qui le soutient. On le prouve par les poids B, D, suspendus en la première balance (fig. 33); ceux-ci, quand même ils seraient unis en un seul corps, auraient leur centre de gravité au milieu inclus entre les deux lignes de suspension en E. Et il faut accorder ceci, parce que A, poids, résiste à B, poids, à bras égal de la balance, et que C,

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 5, recto.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 32, verso.

second poids, résiste au poids D ; or les espaces proportionnés aux poids sont MN et ME, qui sont en proportion sesquialtère, et de même sont les poids, en sens inverse, c'est-à-dire D, B, contre A, C, poids. Donc il est

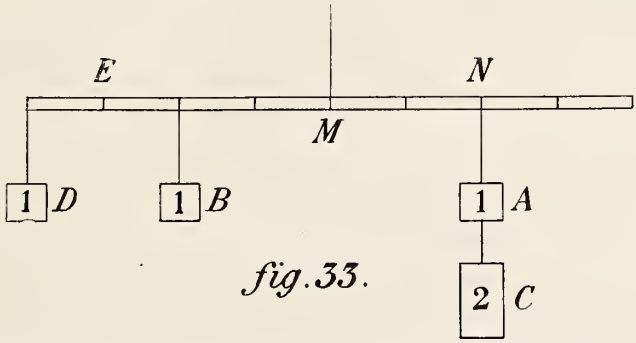


fig. 33.

prouvé que E, centre, est centre de la gravité suspendue BD, désunie ou unie, et j'entends avoir prouvé la même chose de la seconde figure (fig. 34). »

Ces citations, dont on pourrait accroître le nombre (1),

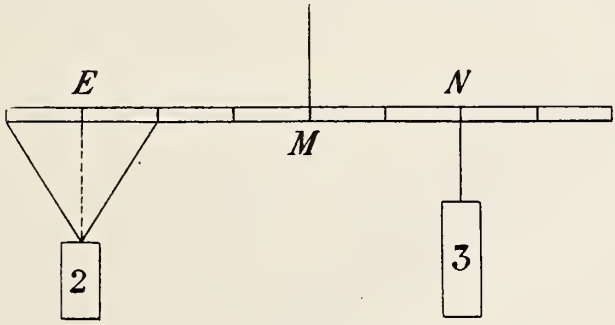


fig. 34.

nous montrent que Léonard possédait la science mécanique développée par ses prédécesseurs. Cette science, nous est-il

(1) Cf. notamment : *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 3, verso, et fol. 4, recto.

possible de dire où il l'avait puisée, de citer les manuscrits qu'il avait feuilletés ? Parmi les anciens traités que nous avons analysés, il en est un dont nous pouvons affirmer que Léonard l'avait lu et critiqué : c'est le *Traité des poids* de Maître Blaise de Parme.

Dans sa fureur déprédatrice, Libri avait arraché un certain nombre de feuillets aux cahiers de Léonard de Vinci que conserve la Bibliothèque de l'Institut; vendus à Lord Ashburnam, avec une partie de la collection que Libri s'était faite en pillant les Bibliothèques commises à sa surveillance, ces feuillets sont rentrés en France en même temps que la collection dont ils faisaient partie; ils sont conservés à la Bibliothèque Nationale. Parmi ces feuillets que la France a pu reconquérir, grâce à la diligence de M. Léopold Delisle, il en est deux, arrachés sans doute au cahier A, qui sont pour nous d'un prix inestimable ; les dessins et les courtes phrases qui les couvrent vont nous montrer comment les principes erronés de Blaise de Parme ont été transformés par le génie de Léonard de Vinci ; ils vont nous permettre de suivre l'éclosion, au sein de ce génie, de quelques-unes des idées maîtresses de la Statique.

Sur un de ces feuillets (1), nous reconnaissons une figure empruntée au traité de Biagio Pelacani ; cette figure est celle par laquelle il tente de justifier la règle du levier, celle que nous avons reproduite ci-dessus en notre figure 28. A côté de ce dessin, Léonard a tracé ces lignes :

« Pelacani dit que le plus grand bras de cette balance tombera plus vite que le petit, parce que sa descente décrit son quart de cercle plus droit que ne fait le petit et parce que, les poids désirant tomber par la ligne perpendiculaire, il se ralentira d'autant plus que le cercle se courbera plus.

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. 2038 (italien) de la Bibliothèque Nationale (Acq. 8070, Libri) fol. 2, verso.

Léonard dessine alors un treuil (fig. 35) et ajoute :
« La figure *m n* jette à terre cette raison, parce que la

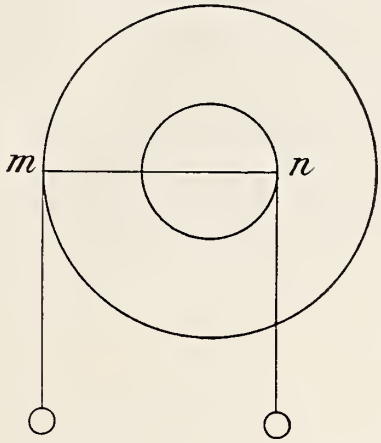


fig. 35.

descente de ses poids ne va pas par cercle et, pourtant, le poids du grand bras *m* s'abaisse. »

Léonard a sous les yeux le traité de Blaise de Parme

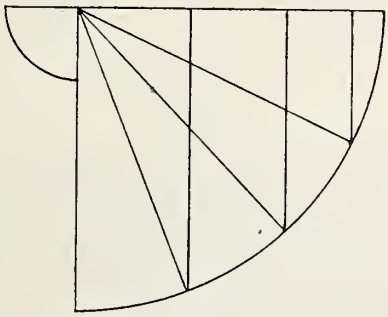


fig. 36.

et, d'emblée, il a reconnu la fausseté de certains principes, il va leur substituer des notions plus exactes.

Il ne peut tout d'abord se contenter de ce qu'a dit Maître Blaise de Parme, après Jordanus, pour expliquer

la diminution de poids qu'éprouve un faix, pendu à un bras de levier, lorsque ce bras s'écarte de l'horizontale pour se rapprocher de la verticale. Voici le dessin (fig. 36) qu'il trace et le commentaire (1) dont il l'accompagne :

« La chose qui est plus éloignée de son point d'appui est moins soutenue par lui ; étant moins soutenue, elle garde plus de sa liberté et, parce que le poids libre descend toujours, nécessairement l'extrémité du fléau de la balance qui est plus distante de son point d'appui,

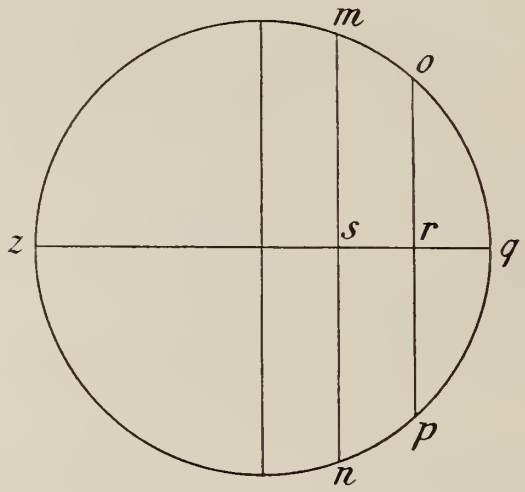


fig. 37.

parce qu'elle est plus pesante, descendra de soi plus vite qu'aucune partie. » Cette réflexion est confuse ; elle trahit les hésitations de la pensée de Léonard ; puis, tout à coup, la lumière se fait et le grand peintre trace ces lignes : « Parce que la roue (fig. 37) a ses extrémités également distantes de son centre, tous les poids placés sur sa circonférence y auront une force telle qu'y auraient de semblables poids placés, sous leur ligne perpendiculaire, sur la ligne de l'égalité *qz*. »

(1) Léonard de Vinci, *loc. cit.*

Une des idées les plus importantes de toute la Mécanique, la notion de *moment*, vient de se découvrir à l'esprit de Léonard ; à l'instant précis où, pour la première fois, cette idée dont il devait tirer un parti si puissant, s'est présentée à son esprit, il avait sous les yeux, nous le savons par son témoignage, le traité de Blaise de Parme, et il en voulait réfuter les méthodes erronées. Mais cet écrit est-il le seul qu'il lise ? La notion de moment, qu'il vient de formuler, ne l'a-t-il point empruntée au traité composé au moyen âge par cet auteur inconnu que nous

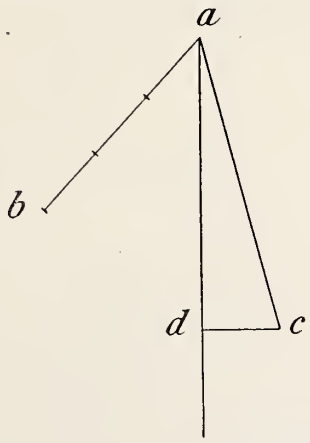


fig. 38.

avons nommé le Précurseur de Léonard ? Comment en douterions-nous après avoir pris connaissance des réflexions inscrites à la page suivante du manuscrit ?

Léonard cherche (1) la condition d'équilibre d'une balance coudée et de bras inégaux ; il hésite et tâtonne d'abord :

« Celle-ci (fig. 38), de bras différents, a ses extrémités désireuses de toucher la perpendiculaire centrale, et si

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. 2038 (italien) de la Bibliothèque Nationale (Acq. 8070, Libri) fol. 3, recto.

elle est de grosseur égale (1), l'une s'en approchera d'autant plus que l'autre qu'elle est plus longue que l'autre. Et si tu veux savoir combien *c* s'approchera de *d*, regarde combien *ab* entre en *ac*, et si elle y entre trois fois, partage *ab* en tiers, et la tierce partie de cette ligne sera l'espace qu'il y a entre *c* et *d*. »

Puis la règle exacte apparaît :

« Telle proportion aura la ligne *cb* (fig. 39) pour la

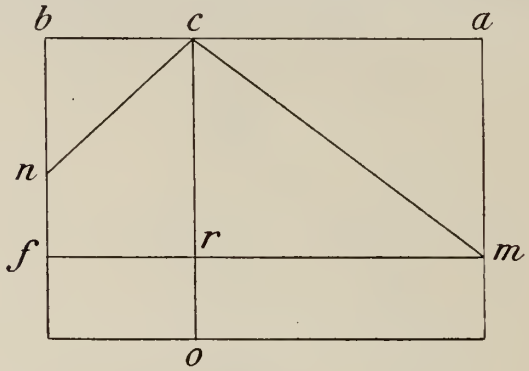


fig. 39.

ligne *ac*, telle proportion aura le poids et la longueur de *cn* pour le poids *cm* (2). »

Or le problème qui préoccupe ainsi Léonard, c'est celui-là même que son Précurseur traite immédiatement avant de définir la notion de moment. Nous n'en saurions douter : En même temps que le Traité de Blaise de Parme, Léonard avait sous les yeux l'écrit de son Précurseur lorsque l'idée du moment d'une force s'est manifestée à lui.

D'ailleurs, nous l'avons dit, le manuscrit du XIIIe siècle que Curtius Trojanus devait publier plus tard semble

(1) A ces mots, il faut substituer ceux-ci : *si ses extrémités portent des poids égaux*, sinon tout ce passage de Léonard serait faux.

(2) Cette pensée doit être lue ainsi : « Telle proportion aura la ligne *cb* pour la ligne *ac*, telle proportion aura le poids porté par la longueur *cm* pour le poids porté par la longueur *cn* ».

avoir constamment inspiré Léonard de Vinci ; le grand peintre lui a emprunté plusieurs des idées, relatives à la Dynamique et à la résistance des fluides, qui reviennent fréquemment en ses notes. L'influence de ce manuscrit se fait fréquemment sentir à côté de celle qu'exerce le traité de Blaise de Parme, redressant parfois l'opinion que ce dernier écrit inclinerait vers l'erreur.

Léonard a, de suite, reconnu comme erroné ce que Jordanus et, après lui, Biagio Pelacani, avaient écrit touchant la stabilité de la balance ; un fléau rectiligne, de bras égaux, soutenu par son milieu et portant des poids égaux n'est pas en équilibre stable, mais en équilibre

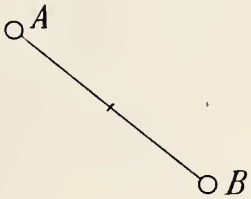


fig. 40.

indifférent : « Ces poids A, B (fig. 40), écrit-il (1), feront stabilité en toute position. »

Ailleurs (2), il énonce plus formellement encore qu'un corps pesant suspendu par son centre de gravité demeurera en équilibre différent : « Si l'équilibre de la balance est fait en un pôle voisin du point mathématique qui se fait centre de gravité de la balance, alors les bras égaux de la balance resteront en l'obliquité que lui donne la main de l'homme. »

D'ailleurs, en formulant une telle conclusion, Léonard ne fait que restituer au centre de gravité la propriété que Pappus avait prise comme définition de ce poids ; en effet,

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 58, recto.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 78, verso.

ce géomètre, dont Léonard connaissait sans doute les travaux, ainsi que nous le verrons au § suivant, nommait (1) centre de gravité d'un corps un point tel que, si l'on concevait le corps suspendu par ce point, il demeurerait en équilibre en quelque position qu'on l'amenât par une rotation convenable.

Cette conclusion est contraire à celle qu'ont formulée Blaise de Parme et Jordanus ; il faut donc que leur raisonnement soit faux par quelque endroit, et c'est ce que Léonard montre tout aussitôt par une discussion très profonde.

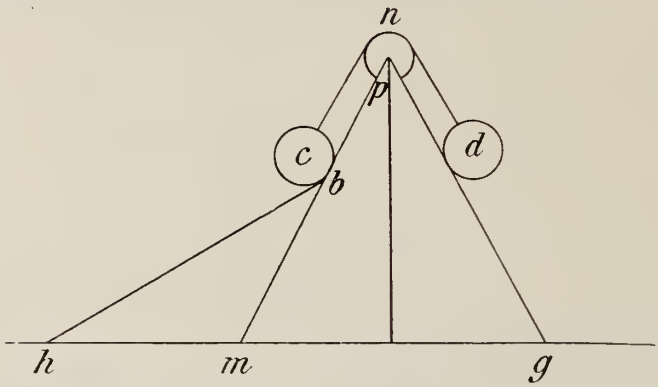


fig. 41.

Jordanus a considéré chacun des deux poids égaux que porte un fléau incliné ; il a comparé ce qui arriverait en la descente de l'un avec ce qui arriverait en la descente de l'autre ; il a constaté que le poids placé plus haut descendrait suivant un arc plus voisin de la verticale que le trajet par lequel descendrait le poids inférieur ; il en a conclu que le premier l'emporterait sur le second. C'était mal raisonner. Il fallait remarquer que toute descente de

(1) ΠΑΠΠΟΥ 'ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΩΣ Συναγωγή. PAPPI ALEXANDRINI *Collectiones* quae supersunt e libris manuscriptis edidit, latina interpretatione et commentariis instruxit Fridericus Hultsch. Volumen III, Berolini, MDCCCLXXVIII, pp. 1032 et 1033.

l'un des poids fait remonter l'autre poids et comparer ces deux mouvements que la liaison des deux charges rend corrélatifs l'un de l'autre ; ces deux mouvements étant d'obliquités égales, il eût été clair qu'aucun des deux poids ne pouvait l'emporter sur l'autre.

Pour faire éclater aux yeux la justesse de cette manière de voir et l'inexactitude du raisonnement de Jordanus, Léonard combine (1) un dispositif extrêmement ingénieux.

Sur une poulie *n* (fig. 41), passe un fil qui porte deux sphères identiques *c* et *d* ; ces sphères touchent deux plans inclinés de même obliquité *pm* et *pg* ; mais, en outre, l'une de ces sphères, la sphère *c*, touche un second plan incliné de plus grande obliquité *bh*. Appliquons à ce dispositif le raisonnement de Jordanus. La descente du poids *d* s'effectuerait par un chemin plus voisin de la verticale que la descente du poids *c* ; le premier de ces deux poids sera donc plus lourd que le second et il descendra, en obligeant le second à monter.

Visiblement, ce résultat est faux et, bien au contraire, les deux poids *c* et *d* se feront équilibre.

« Les poids *c*, *d* sont placés égaux entre eux s'ils sont situés dans les obliquités égales *pm*, *pg*, mais si le poids *c* se trouve sur l'obliquité plus grande *bh*, alors le poids *c* se fera d'autant moindre que l'obliquité *bh* qui le soutient se fera plus grande. Donc jamais le poids *b* ne montera par l'obliquité *bp* et le poids *d* ne descendra jamais par l'obliquité *pg*, parce que de telles obliquités sont égales et qu'égaux sont les poids qui se soutiennent sur ces obliquités. » Il est clair, d'ailleurs, que le poids *c* ne descendra pas davantage par l'obliquité *bh* en faisant monter le poids *d* par l'obliquité *gp*, car dans ces conditions, le poids *c* serait moins lourd que le poids *d*.

« *Conclusion*. Étant conclu dans la pénultième de ceci

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 79, recto.

comment les poids égaux placés sur des obliquités égales restent égaux, et les choses égales entre elles ne se surpassent pas, nous avons encore conclu que la balance ne se mouvra pas avec des poids égaux *e*, *h*, par des obliquités égales *ab*, *cd* (fig. 42), obliquités qui sont prouvées être égales entre elles, parce qu'elles sont parallèles ; et si tu disais que les arcs *ef*, *gh*, encore que leurs cordes soient parallèles, ne sont pas parallèles, il me suffit que

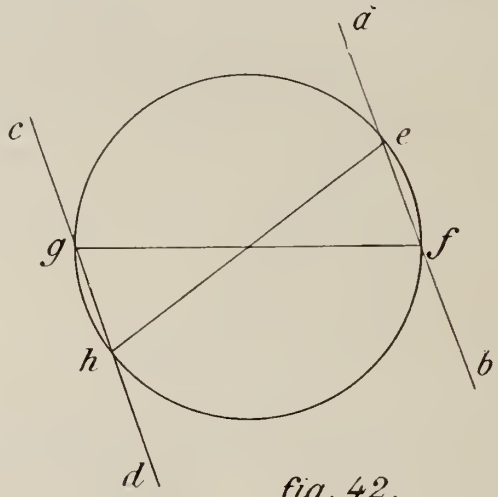


fig. 42.

de tels arcs soient semblables et égaux, et que les centres des poids qui se meuvent par de tels arcs soient toujours également distants du centre de la balance, et que toujours les centres des poids égaux soient également distants du susdit centre. »

Ainsi à la méthode, imaginée par Jordanus, qui étudie la descente de chacun des poids en balance, Léonard a victorieusement opposé la méthode des *déplacements virtuels* qui donne aux divers poids des mouvements simultanés compatibles avec les liaisons de l'appareil ; cette méthode, Jordanus l'avait, d'ailleurs, appliquée au levier droit et le Précurseur de Léonard au levier coudé

et au plan incliné ; nous avons vu, au Chapitre II, quels beaux résultats Léonard avait su en tirer.

Puisque les raisonnements de Jordanus ne valent point pour rendre compte de la stabilité de la balance, il en faut trouver une autre explication. Léonard se contente, tout d'abord (1), de l'explication qu'avait donnée Aristote : Un fléau rigide et pesant est sûrement en équilibre stable lorsque l'axe de suspension se trouve au-dessus du centre de gravité du fléau.

Mais, en un autre endroit, il en trouve une explication plus complète, qui demeurerait valable lors même que le fléau serait sans poids. Le principe de cette explication est le suivant : Lorsque la balance est en équilibre, l'axe de rotation est au-dessus de la ligne qui joint les points où les poids sont suspendus. Lorsqu'on écarte la balance de la position d'équilibre, les poids demeurent égaux, mais leurs bras de levier ne le sont plus ; le poids le plus élevé, correspondant au plus grand bras de levier, l'emporte et ramène la balance à la position d'équilibre. C'est ce que Léonard exprime en ces termes (2) :

« *Pourquoi la balance de bras et de poids égaux s'arrête dans la position d'égalité.* Jamais l'angle fait par la jonction de la ligne centrale du bras de la balance avec la ligne centrale de son appendice n'est rectangulaire. La jonction du bras réel de la balance avec son appendice réel n'est jamais rectangulaire. Toujours les lignes des puissances pesantes sont en jonctions rectangulaires.

» La balance (3) de bras et de poids égaux, détournée de la position de l'égalité, fera des bras et des poids inégaux, d'où nécessité la contraint de regagner l'égalité perdue de bras et de poids ; on le prouve... parce que le

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 79, verso.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, verso. Cf. fol. 58, recto.

(3) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 59, recto.

poids le plus haut est plus détourné du centre de la circonvolution que le poids le plus bas, et qu'ayant un plus faible support, par suite il descend plus facilement et élève la partie opposée du poids joint à l'extrémité du plus petit bras. »

Ces raisonnements, il serait injuste de ne le point remarquer, sont le développement des considérations sommaires et un peu confuses que le Précurseur de Léonard avait données en sa huitième proposition ; ils sont la réciproque, en quelque sorte, de ceux par lesquels cet auteur, et Blaise de Parme après lui, avaient étudié le cas d'équilibre instable de la balance.

2. *La composition des forces*

Léonard ne s'est point contenté de réfuter et de transformer ce que les principes de Jordanus et de Blaise de Parme renfermaient d'erroné ; ce qu'ils renfermaient de sain et de fécond, il s'en est emparé, mais en le prenant, il l'a développé et perfectionné. Telle la notion de gravité *secundum situm* ou, comme nous dirions aujourd'hui, de *composante du poids suivant sa trajectoire ;* cette notion, il la conçoit à son tour, mais il y joint cette pensée que ses prédécesseurs, sauf Aristote, n'avaient point signalée : La gravité *secundum situm* n'est qu'une des composantes du poids ; il lui faut associer une seconde composante, normale à la trajectoire.

Que, d'ailleurs, ces idées sur la décomposition du poids en deux forces rectangulaires lui soient suggérées par la lecture du Traité de Blaise de Parme, on n'en peut guère douter lorsque l'on compare ce traité au passage suivant (1) :

« *De la descente du grave.* Toute action naturelle est

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 75, recto.

faite par la voie la plus courte ; c'est pourquoi la descente libre du grave est faite vers le centre du monde ; l'espace le plus court étant entre le mobile et la partie la plus basse de l'univers.

» *Le grave uniforme qui descend obliquement divise son poids en deux aspects différents.* On le prouve : Soit *ab* (1) mobile selon l'obliquité *abc* ; je dis que le poids du grave *ab* partage sa gravité en deux aspects, c'est-à-dire selon la ligne *bc* et selon la ligne *nm* ; pourquoi et combien le poids est plus grand pour l'un que pour l'autre aspect, et quelle obliquité est celle qui partage les deux poids par égale partie, sera dit dans le livre *Des poids.* »

De cette proposition, visiblement issue des principes de Jordanus, Léonard fait fréquemment usage en étudiant le vol des oiseaux, étude qui, plus que toute autre, paraît avoir conduit son génie à méditer sur les principes de la Mécanique. Mais le grand architecte qui était en lui en entrevoit de suite une autre application, non moins importante, à la résistance des matériaux ; cette proposition se relie, en effet, à ce problème : Un grave étant soutenu par deux appuis qui forment un angle droit, comment la pression exercée par ce grave se partage-t-elle entre ces deux appuis ? Cette question (2) s'offre à l'esprit de Léonard immédiatement après qu'il a écrit le passage cité tout à l'heure :

« Le grave qui ne pèse pas vers le centre du monde pèse toujours en deux ou plusieurs lieux. On le prouve : Soit le grave *abcd* (fig. 43) qui ne pèse pas par la ligne centrale *be* ; donc, il pèse aux deux supports *ba* et *bd*.

» Tout grave pèse sous l'aspect où il est disposé à descendre. On le prouve avec la démonstration de *ba* qui pèse à *d*, et *bd* pèse à *a*, parce qu'en ces positions s'est préparée la disposition de leur descente.

(1) Voir la fig. 9, au Chapitre II, où ce passage est déjà cité.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 76, verso.

» Conception. — Le grave qui pèse en deux endroits n'a pas son poids en un seul endroit (1). »

La question ainsi posée sollicite continuellement l'attention de Léonard ; elle le conduit à imaginer diverses solutions du problème de la composition des forces ; nous avons vu, au Chapitre II, quelle est la solution, d'ailleurs erronée, à laquelle il semble s'être arrêté.

Mais si cette solution erronée paraît être celle qui a conquis l'acquiescement définitif de Léonard, ce n'est pas qu'elle se soit seule présentée à son esprit.

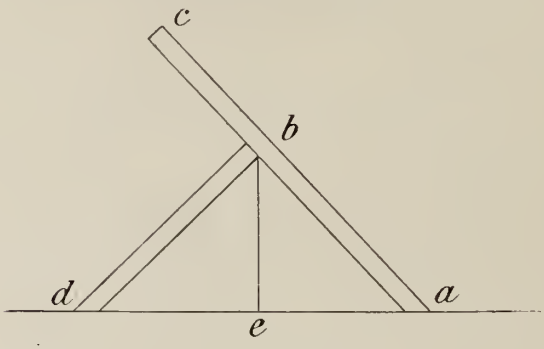


fig. 43.

Déjà, à la fin du Chapitre II, nous avons cité une curieuse solution, malheureusement à peine ébauchée, du problème du plan incliné et nous avons remarqué que cette solution paraissait impliquer des idées exactes sur la loi de la décomposition des forces ; certain membre de phrase, écrit par Léonard, y demeurerait incompréhensible si l'auteur n'admettait point l'exactitude de cette proposition : Le moment de la résultante de deux forces concourantes est égal à la somme des moments des composantes.

(1) C'est-à-dire : n'exerce pas, en chacun des deux endroits, une pression égale à tout son poids.

A cette remarque, nous avons joint cette réflexion : « Léonard était-il donc parvenu à la connaissance de cet important théorème ? Dans ceux de ses manuscrits qui ont été publiés, nous n'en avons révélé aucune trace autre que celle qui vient d'être relatée. »

Une revision des notes de Léonard, entreprise postérieurement à l'impression de notre Chapitre II, a appelé notre attention sur quelques feuillets du manuscrit E de la Bibliothèque de l'Institut (1) ; l'inspection de ces feuillets confirme pleinement l'hypothèse que nous avions émise ; Léonard a connu et employé ce théorème :

Si l'on considère deux forces concourantes et leur résultante, le moment de la résultante par rapport à un point pris sur l'une des deux composantes est égal au moment de l'autre composante par rapport au même point.

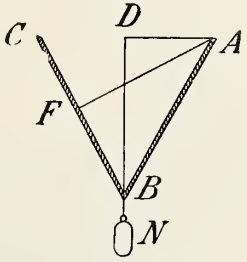


fig. 44.

Dans les raisonnements de Léonard, les deux composantes sont les tensions de deux cordes, tensions dont la résultante est égale et directement opposée à un poids que supportent les deux cordes.

A maintes reprises, le grand artiste applique le théorème que nous avons énoncé à un poids N suspendu au milieu B d'une corde dont les extrémités A, C, sont sur une même horizontale (fig. 44). Du point A, il abaisse une

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut ; Paris, 1883.

perpendiculaire AF sur la corde CB ou sur son prolongement, et une autre perpendiculaire AD sur la verticale du point B. Il déclare que la tension de la corde CB et le poids N maintiendraient en équilibre un corps rigide formé des deux bras de levier *potentiels* AF, AD, si ce corps était simplement susceptible de tourner autour du point A. Comme d'ailleurs Léonard, nous l'avons vu au Chapitre II, sait exprimer la condition d'équilibre d'un tel corps *circonvolubile*, qui est l'égalité des moments du poids et de la tension par rapport au point A, il obtient de suite le théorème que nous avons énoncé ci-dessus.

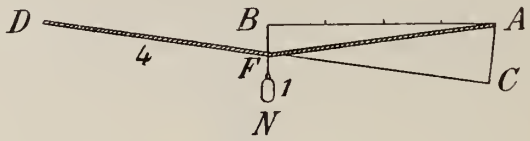


fig. 45.

Voici quelques passages (1) dont la netteté ne semble laisser place à aucun doute :

« Première : A est le pôle de la balance angulaire AD et AF ; et leurs appendices sont DN et FC.

» Seconde : Plus grossit l'angle de la corde qui, au milieu de sa longueur, soutient le poids N (fig. 45), d'autant plus diminue son levier potentiel et croît le contre-levier potentiel qui soutient le poids. » Et Léonard, ayant tracé la figure de telle sorte que AB soit le quadruple de AC, marque 1 le poids N et met sur la corde FD le chiffre 4, qui en indique la tension.

Il poursuit en ces termes, bien propres à nous marquer comment son génie a ramené l'étude de l'équilibre des forces concourantes à la loi d'équilibre du levier coudé, qui lui était déjà familière :

(1) Ms. E, fol. 65, recto.

« Cette figure (fig. 46) représente la précédente ACB potentielle ; mais parce que la réelle pèse et la potentielle non, j'y ajoute le bras MN pour le contre-poids du bras O. »

Lorsque, plus tard, Roberval redonnera une démonstration du même théorème, il la tirera, lui aussi, de la condition d'équilibre d'un levier coudé ; mais l'artifice dont il usera sera beaucoup moins simple, beaucoup moins directement accessible que le dispositif imaginé, en ce passage, par Léonard de Vinci.

Revenant à la fig. 44, Léonard ajoute : « AFD sont

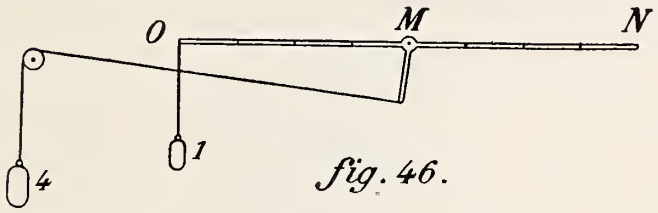


fig. 46.

les soutiens réels du poids N, et les lignes AC et AB sont le levier et le contre-levier potentiel du poids N, et les appendices demi-réels CD et BF sont ceux dont l'un est joint au levier potentiel et l'autre au contre-levier potentiel AB.

» Jamais le contre-levier AB ne peut avoir de changement, par quelque changement que puisse avoir l'angle fait par la corde réelle AFD ; et jamais le levier AC ne peut avoir une longueur permanente par le changement du susdit angle AFD ; mais il se fera plus petit d'autant que l'angle AFD sera plus grand. »

Si les deux points A et D restent fixes, ainsi que le poids N, la tension de la corde DF sera inversement proportionnelle au levier potentiel AC : « Où le levier potentiel est en être (1), la force sera aussi en être. La force

(1) Ms. E, fol. 60, verso.

sera d'excellence d'autant plus grande que le levier potentiel sera de moindre quantité. »

La corde DFA ne peut jamais être rectiligne, car le levier potentiel AC étant nul, la tension de la corde DF serait infinie : « Jamais (1) la corde ou puissance quelconque, posée dans la situation d'égalité avec ses extrémités opposées, ne se pourra redresser, ayant quelque poids au milieu de sa longueur. » — « Jamais (2) le levier potentiel n'est consumé par aucune puissance. »

En aucun cas, la tension de chacune des cordes n'est, comme le supposerait le vulgaire, la moitié du poids supporté ; il faudrait, pour qu'il en fût ainsi, que les deux cordes fussent parallèles, ce qui ne peut être :

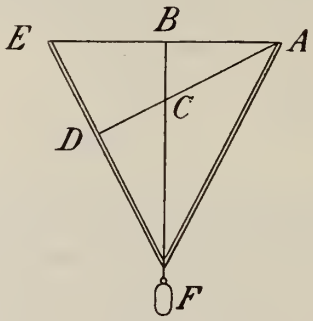


fig. 47.

« Si le levier AD (fig. 47) était double (3) de son contre-levier AB, alors la corde DE sentirait la moitié du poids F, et cela ne peut pas arriver si le levier AD n'est pas dans la position d'égalité [la position horizontale], chose qui ne peut être si les appendices qui concourent à la suspension du poids F ne sont pas équidistants entre eux. »

Jusqu'ici, nous avons vu Léonard appliquer le théorème

(1) Ms. E, fol. 60, verso.
(2) Ms. E, fol. 60, recto.
(3) Ms. E, fol. 61, verso ; cf. fol. 63, recto.

énoncé à un cas particulier ; la verticale, menée par le poids soutenu, était bissectrice de l'angle des deux cordes qui supportent ce poids. Mais il a également connu et employé cette proposition dans le cas général ; le passage que nous allons citer (1) en témoigne.

Léonard trace deux figures en chacune desquelles deux cordes, faisant un certain angle, soutiennent un poids dont la verticale n'est nullement bissectrice de cet angle. En l'une de ces figures (fig. 48), le levier DR de la corde FE

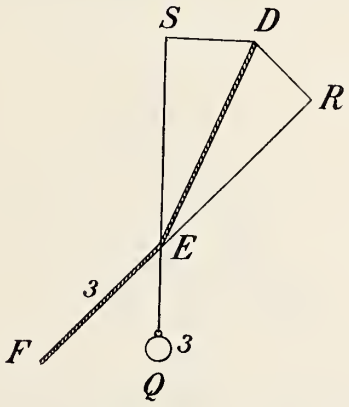


fig. 48.

et le contre-levier SD du poids Q sont égaux entre eux ; aussi Léonard marque-t-il du même chiffre 3 le poids Q et la tension de la corde FE. En l'autre figure (fig. 49), le levier AB de la corde FG est triple du contre-levier BC du poids E, et Léonard, évaluant encore à 3 le poids E, marque 1 sur la corde FG, afin d'en indiquer la tension. Cette seconde figure est accompagnée de ce commentaire : « Il est d'autant plus facile de tendre la corde faite angulaire par le poids qui se soutient au milieu d'elle, que la situation de ses extrémités opposées est moins oblique ; donc la corde BGF a moins de fatigue à reprendre la

(1) Ms. E, fol. 63, recto.

droite extension que la corde précédente DEF, et ceci se manifeste par le levier et le contre-levier de l'une et de l'autre obliquité. En effet, le levier AB sur le pôle B est triple de son contre-levier BC. Donc l'appendice AF demi-réel, avec puissance d'un, peut contre 3 dans l'appendice opposé semi-réel CE ; et, dans la précédente, 3 de puissance sont contre 3 de résistance. »

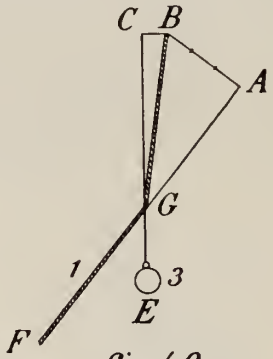


fig. 49.

Ces diverses citations montrent avec la dernière évidence que Léonard a eu une connaissance très exacte du théorème énoncé tout à l'heure ; or ce théorème entraîne toutes les règles de composition des forces concourantes.

On peut, en particulier, par une démonstration très simple, en tirer ce corollaire : *Par rapport à un point pris sur la direction de la résultante, les deux composantes ont des moments de signes contraires qui ont même valeur absolue.* Léonard a-t-il aperçu ce corollaire ? La réponse affirmative à cette question paraît seule capable d'expliquer un fragment (1) qui contient une figure très explicite (fig. 50) et un commentaire malheureusement très obscur. Voici ce commentaire : « Si deux cordes d'obliquités

(1) Ms. E, fol. 67, verso.

différentes et contraires descendent d'un même endroit et se joignent aux extrémités opposées de la poutre située en une obliquité quelconque, toujours le centre de gravité de la poutre se trouve dans la ligne entre-centrique, en même temps que le centre des suprêmes hauteurs des cordes qui la suspendent. »

La ligne *entre-centrique* dont parle Léonard est la verticale du point de suspension A ; quant aux *suprêmes hauteurs* dont il est ici question, et qui ne peuvent être que les lignes GF, GD, de la figure, pourquoi auraient-

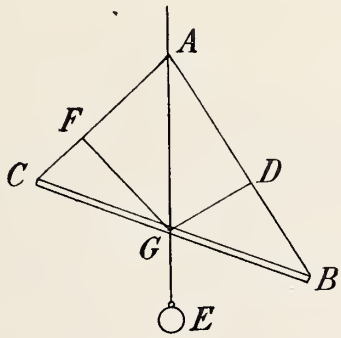


fig. 50.

elles été tirées, sinon parce qu'elles sont les leviers potentiels des deux cordes AB, AC ?

Les divers fragments que nous venons de citer et de commenter énoncent les idées les plus exactes sur la composition des forces concourantes. Pourquoi faut-il que Léonard, abandonnant ces idées dans le moment même qu'il s'en rendait maître, se soit immédiatement rallié à une règle toute différente de la précédente et tout à fait erronée ? *En la page même* (1) où se trouve le fragment que nous venons d'analyser, Léonard écrit : « Pour les deux cordes qui concourent avec différentes obliquités à

(1) Ms. E, fol. 67, verso.

la suspension d'un même grave, la proportion entre les poids soutenus par elles sont telles que sera celle de leurs obliquités. On le prouve : Soient les deux cordes d'obliquités différentes AD et CD (fig. 51) qui sont telles que

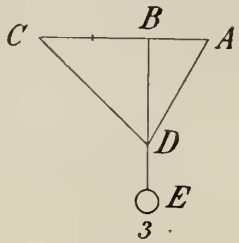


fig. 51.

l'une d'elles est double de l'autre, comme nous montrent les bras de la balance, BC étant double du bras BA, les obliquités d'appendices AD et CD descendant des extrémités de ces bras. Donc la corde CD sent la moitié du poids que sent la corde AD. » Le chiffre 3, marqué par Léonard au-dessous du poids E, indique qu'il le regarde comme égal à la somme des tensions des deux cordes, acceptant ainsi une opinion erronée qu'il vient de condamner quelques pages auparavant.

A la page précédente (1), nous lisons :

« Le grave suspendu dans l'angle de la corde divise le poids pour les cordes en telle proportion qu'est la proportion des angles inclus entre lesdites cordes et la ligne centrale du poids. On le prouve : Soit l'angle de ladite corde BAC (fig. 52), dans lequel est suspendu le grave G à la corde AG. Soit donc cet angle coupé dans la position de l'égalité [la direction horizontale] par la ligne FB, puis tire la perpendiculaire DA, à l'angle A, qui soit en droite continuation avec la corde AG, et la proportion qu'a

(1) Ms E, fol. 66, verso.

l'espace DF avec l'espace DB, le poids que sent la corde BA l'aura avec le poids que sent la corde FA. »

Dans les feuillets suivants (1), Léonard use sans cesse de cette règle incorrecte que l'on retrouve en maints autres passages (2) de ses notes.

En l'intelligence de Léonard, les idées se précipitaient tumultueusement ; mais, parfois, il manquait au grand peintre la puissance de saisir et de fixer à jamais la vérité que ce torrent impétueux roulait pêle-mêle avec l'erreur. Aussi, bien souvent, la vérité qui lui était apparue

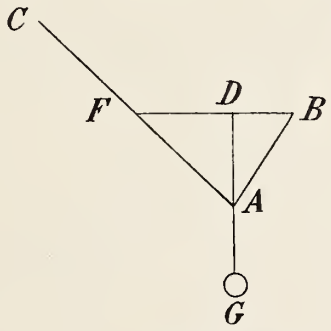


fig. 52.

un instant, émergeant à la surface des opinions incomplètes ou erronées, a-t-elle plongé de nouveau, attendant de l'avenir celui qui la ramènerait définitivement au rivage. Ainsi, de la notion de gravité *secundum situm*, conçue par Jordanus, le grand artiste de Vinci a su faire sortir l'idée de la résolution d'une force en ses composantes, et cette idée il a pu la contempler un moment dans la plénitude de son développement ; puis, elle s'est voilée de nouveau à ses regards, n'offrant plus à la vue

(1) Ms. E, fol. 68, recto et verso ; fol. 69, recto et verso ; fol. 70, recto ; fol. 71, recto.

(2) Voir, notamment, les passages cités au Chapitre II et Ms. M, fol. 36, verso.

du grand peintre qu'une loi erronée de la composition des forces.

L'étude du problème du plan incliné nous donnera de nouveau l'occasion de constater les hésitations et les fluctuations de la pensée de Léonard.

3. *Le problème du plan incliné*

Le grand mécanicien inconnu que nous avons appelé le Précurseur de Léonard de Vinci avait, dès le XIIIe siècle, résolu le problème du plan incliné par une méthode si belle et si sûre qu'elle eût mérité de ravir d'emblée tous les suffrages. Mais il ne suffit pas qu'une vérité ait été découverte, il ne suffit pas qu'elle ait été justifiée par des raisonnements parfaitement justes et rigoureux, pour qu'elle prenne rang en cet ensemble de doctrines qui constituent la science universellement acceptée ; il faut encore que les esprits se soient accoutumés à la comprendre ; de même, il ne suffit pas qu'une lumière brille dans l'obscurité pour que nous voyions clair ; il faut encore que nos yeux se soient accoutumés à en supporter l'éclat.

Parfois, cette préparation des esprits à accueillir une vérité dont la preuve est parfaitement concluante, demande des années ou même des siècles ; et, plus tard, l'historien de la science demeure stupéfait que les hommes aient tardé si longtemps à percevoir cette clarté ; oublieux de l'accoutumance qui a fortifié sa vue, il s'étonne de cet éblouissement prolongé.

En aucun cas, peut-être, cet éblouissement capable d'aveugler les penseurs et de leur faire méconnaître une vérité trop éclatante ne s'est manifesté plus nettement qu'au sujet du problème du plan incliné.

La solution du problème du plan incliné est, nous l'avons vu, parfaite dès le XIIIe siècle ; or, au début du XVe siècle, Blaise de Parme a en mains le traité qui ren-

ferme cette solution. L'adopte-t-il ? En aucune façon ; il lui oppose une fausse évidence, une conception visiblement insoutenable de l'égalité de deux poids, et il la rejette comme un paradoxe.

La solution du problème du plan incliné ne paraît pas davantage avoir été prise comme vérité acquise par les géomètres de la fin du xve siècle.

Regiomontanus, admirateur du traité *De numeris datis*, avait sans doute lu les *Elementa super demonstrationem ponderis* ; il est permis de penser que cette lecture avait attiré son attention sur le problème du plan incliné. Toujours est-il que dans une lettre adressée à Christian Roeder, professeur à Erfurt, le 4 juillet 1471, Regiomontanus pose (1) le problème suivant :

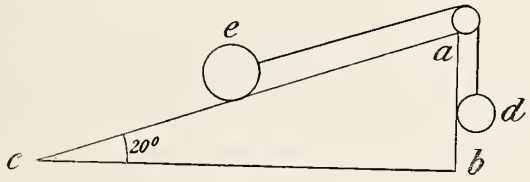


fig. 53.

« Deux poids (fig. 53) sont attachés l'un à l'autre et équivalents par situation *(secundum situm equipollentia)* ; s'ils étaient détachés de leur lien commun, l'un d'eux descendrait verticalement et l'autre obliquement. Le chemin oblique du second poids fait avec l'horizon un angle de vingt degrés, l'angle droit valant quatre-vingt-dix degrés. Je demande en quel rapport sont ces deux poids. Je nomme poids équivalents des poids qui s'empêchent l'un l'autre de descendre. Que l'on regarde donc *bc* comme une droite horizontale, *ab* comme une droite dirigée vers le centre du monde, que *ac* et *bc* forment un

(1) Ce passage a été signalé par Maximilian Curtze dans une note publiée par la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3te Folge, Bd. II, 1901 ; p. 355.

angle de vingt degrés, que le moindre poids *d* tende à descendre suivant *ab* et le plus grand poids *e* suivant *ac* si l'on supprimait le lien qui les unit. »

L'emploi des mots *secundum situm equipollentia* nous permet d'augurer, avec une grande probabilité, que ce problème est suggéré par les principes de Jordanus.

Maximilien Curtze a fait observer que les problèmes posés par Regiomontanus dans ses lettres étaient, en général, des problèmes dont il possédait ou croyait posséder la solution ; il est donc à présumer que ce géomètre pensait avoir résolu le problème du plan incliné ; en tous cas, il est bien certain qu'il ne le regardait pas comme résolu par ses prédécesseurs ; peut-être, il est vrai, ne connaissait-il point le remarquable traité composé au XIIIe siècle par le Précurseur de Léonard de Vinci.

D'ailleurs, les géomètres durent hésiter à prendre pour vraie la détermination, donnée par cet auteur, de la pesanteur apparente d'un grave posé sur un plan incliné lorsqu'ils connurent la détermination toute différente qu'en avait donnée Pappus.

Pappus semble être le seul géomètre de l'antiquité qui se soit occupé du problème du plan incliné. Ce mathématicien vivait à Alexandrie, au IVe siècle de notre ère ; il y a composé ses *Collections* (1) ; bien que cette œuvre ne nous soit pas parvenue dans son intégrité, elle est cependant, pour l'histoire de la science hellène, d'une extrême importance.

Le VIIIe Livre de ces collections porte le titre suivant : « Περιέχει δὲ μηχανικὰ προβλήματα σύμμικτα ἀνθηρά ». Parmi les « problèmes mécaniques variés et délectables » qui sont

(1) ΠΑΠΠΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΩΣ Συναγωγή, PAPPI ALEXANDRINI Collectiones quae supersunt e libris manuscriptis edidit, latina interpretatione et commentariis instruxit Fridericus Hultsch. Volumen III. Berolini, MDCCCLXXVIII.

ainsi annoncés, se trouve traité le problème du plan incliné (1).

Dès son point de départ, Pappus se trouve en absolue contradiction avec la Statique moderne ; il admet, en effet, que pour mouvoir un certain poids α sur un plan horizontal, il faut le tirer parallèlement à ce plan par une certaine force γ ; l'observation vulgaire lui donnait raison ; seul, un plus haut degré d'abstraction et d'analyse devait mettre sur le compte du frottement la résistance qu'un poids éprouve à se mouvoir sur un plan horizontal ; seul,

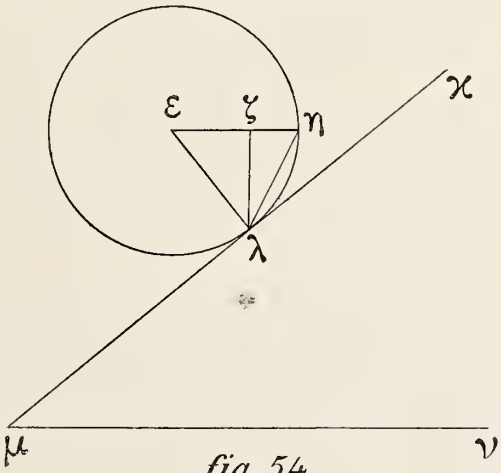


fig. 54.

il devait conduire les géomètres à ce principe, tout opposé à celui de Pappus : une force, si petite soit-elle, suffit à mettre en mouvement n'importe quel poids sur un plan horizontal parfaitement poli.

Pour tirer le même poids α sur un certain plan incliné, il faut une force θ ; c'est le rapport de la force θ à la force γ que Pappus cherche à déterminer, et voici par quel raisonnement il y pense parvenir :

Sur le plan incliné $\mu\kappa$ (fig. 54), se trouve une sphère

(1) *Loc. cit.*, p. 1029.

pesante, de poids α, qui touche le plan en λ. Pappus se demande tout d'abord comment on pourrait maintenir cette sphère en équilibre. Il assimile ce problème de Statique à un problème sur la balance ; la balance qu'il considère aurait son point d'appui en λ ; elle porterait, pendu au centre ε de la sphère, le poids α de cette sphère, tandis que le poids β, destiné à l'équilibrer, serait suspendu à l'extrémité η du rayon horizontal $\varepsilon\eta$. Pappus admet (et, par là, il semble avoir entrevu la loi d'équilibre du levier coudé) (1) que le poids β aura pour valeur $\frac{\varepsilon\zeta}{\eta\zeta}\alpha$. Le poids α étant tiré sur le plan horizontal par la force γ, il faudrait, pour tirer le poids β sur le même plan, une force $\delta = \frac{\varepsilon\zeta}{\eta\zeta}\gamma$. Pappus admet alors que la puissance θ, capable de hisser le poids α sur le plan incliné, sera la somme des forces γ et δ, en sorte que l'on aura $\frac{\theta}{\gamma} = \frac{\varepsilon\eta}{\eta\zeta}$.

(1) Le principe de cette théorie est la notion du moment d'un poids suspendu à l'extrémité d'un bras de levier oblique ; or, cette notion était sûrement connue par les géomètres de l'École d'Alexandrie à l'époque où Pappus écrivait ; Héron (*a*) la formule nettement. La partie des *Mécaniques* de Héron où il est fait usage de cette notion ne se trouve pas dans l'extrait de cet ouvrage qui se trouve joint aux *Collections* de Pappus; elle est demeurée inconnue jusqu'à la publication de M. Carra de Vaux ; elle n'a donc eu aucune influence sur Léonard de Vinci et n'a pas contribué au développement de la Mécanique moderne. De même, Héron remarque (*b*), à propos du treuil que cet « instrument et toutes les machines de grande force qui lui ressemblent sont lents, parce que plus est faible la puissance comparée aux poids très lourd qu'elle meut, plus est long le temps que demande le travail. Il y a un même rapport entre les puissances et les temps. » Il répète les mêmes observations à propos des moufles (*c*) et du levier (*d*). Mais ces passages, eux aussi, n'ont été connus que par la publication de M. Carra de Vaux. Ils n'ajoutaient rien, d'ailleurs, à ce qu'enseignaient à ce sujet les *Quæstiones mechanicæ*.

(*a*) *Les Mécaniques ou l'Élévateur* de Héron d'Alexandrie, publiées pour la première fois sur la version arabe de Qostâ ibn Lûkâ et traduites en français par M. Carra de Vaux. Extrait du JOURNAL ASIATIQUE. Paris, 1894. Livre I, Art. 34, p. 91.

(*b*) *Loc. cit.*, p. 131.

(*c*) *Loc. cit.*, p. 134.

(*d*) *Loc. cit.*, p. 136.

Telle est la solution bien éloignée de la vérité dont certains géomètres, Guido Ubaldo, par exemple, se contenteront encore à la fin du XVIe siècle contre laquelle Galilée devra, à plusieurs reprises, déployer les ressources de sa dialectique.

Léonard de Vinci a certainement connu les deux solutions du problème du plan incliné qui avaient été proposées avant lui. L'une d'elles, en effet, se trouve dans le traité *De ponderibus* composé par ce géomètre du XIIIe siècle auquel il doit tant que nous l'avons nommé son Précurseur. L'autre, celle de Pappus, a visiblement inspiré quelques-uns des raisonnements par lesquels il s'est efforcé de résoudre ce problème.

Bien loin, en effet, que Léonard ait regardé la détermination de la pesanteur apparente d'un grave sur un plan incliné comme définitivement acquise à la science, il n'a cessé d'être préoccupé par cette détermination. Nous avons dit, au Chapitre II, quelles réponses, tantôt exactes, tantôt erronées, il avait énoncées.

Il est des cas où nous saisissons l'immédiate influence exercée sur Léonard, en cette recherche, par le traité de son Précurseur. Voici, par exemple, un passage (1) où nous reconnaissons la proposition qui, dans ce traité, précède immédiatement la solution du problème du plan incliné :

« Si A, B, poids (fig. 55) ne poussent pas vers le centre du monde, étant, comme ils sont, séparés, leur jonction tend à ce centre du monde, comme nous enseigne la ligne centrale MN qui passe par les proportions des poids 2 et 4 ; mais les positions des poids n'ont pas d'espaces proportionnés, parce que dans les mêmes obliquités un même poids peut rester haut et l'autre bas sans que de telles situations, différentes en hauteur, changent la proportion double des poids. »

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 77, verso.

Que cette invariabilité de la pesanteur apparente aux divers points d'un plan incliné soit, chez Léonard, un ressouvenir du traité de son Précurseur, on n'en saurait douter ; deux pages plus loin, se trouve le passage (1) où il critique d'une manière si sagace la démonstration qui a conduit Jordanus à une proposition erronée sur la stabilité de la balance et où il lui oppose la méthode des déplacements virtuels telle que son Précurseur l'a appliquée

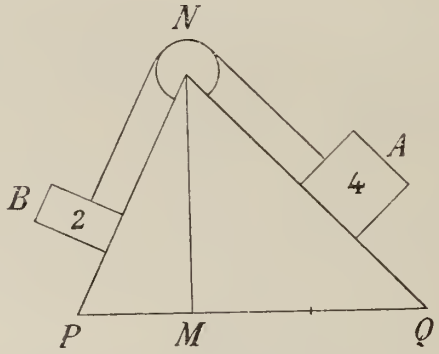


fig. 55.

au problème du plan incliné. Il semble donc que tout presse Léonard d'accepter la solution proposée par le géomètre du XIIIe siècle. Il n'en fait cependant rien. Il suffit de regarder la fig. 53 pour constater qu'il regarde les deux poids A et B comme respectivement proportionnels à PM et à QM, selon une règle erronée qu'il a souvent admise.

La solution du problème du plan incliné, proposée par le Précurseur de Léonard, reposait sur un postulat que, déjà, Jordanus avait implicitement introduit dans la démonstration de la règle du levier. Ce postulat peut se formuler ainsi : La puissance motrice employée à soulever

(1) Ms. G, fol. 79, recto.

un poids a pour mesure le produit du poids par la hauteur dont on l'a élevé ; lorsque ces deux éléments changent en raison inverse l'un de l'autre, la puissance motrice ne change pas. Or nul, mieux que Léonard, n'a compris la justesse et la portée de ce postulat ; nul ne l'a plus nettement formulé ; nul n'en a plus constamment poursuivi l'application aux diverses machines. Et cependant, Léonard ne paraît pas avoir compris à quel point ce principe était propre à déterminer la pesanteur apparente d'un grave placé sur un plan incliné ; jamais il n'en a fait usage pour obtenir cette détermination. Lorsque, visiblement guidé par la lecture de son Précurseur, le grand peintre aborde pour la première fois cette détermination, il en emprunte la valeur au grand mécanicien du XIIIe siècle, mais il délaisse sa démonstration pour un raisonnement qui semble imité de Pappus.

Nous trouvons les traces de ces premières tentatives dans le cahier A conservé à la Bibliothèque de l'Institut ; dans ce cahier dont le folio 5 porte, à son recto, des raisonnements tout semblables à ceux qui démontrent la dernière proposition du traité primitif de Jordanus ; dans ce cahier auquel appartenaient les feuillets, arrachés par Libri, où Léonard, méditant sur l'équilibre du levier, a consigné la critique des principes de Pelacano, où il a noté le premier éveil, en sa pensée, de la notion de moment, visiblement tirée du traité de son Précurseur. Ses méditations sur le plan incliné sont donc contemporaines de celles que nous venons de citer.

Pour déterminer la vitesse avec laquelle un corps descend un plan incliné ou la pesanteur apparente de ce corps posé sur ce plan (ce sont grandeurs proportionnelles pour qui admet la Dynamique péripatéticienne) il use, nous l'avons dit, d'un raisonnement où l'on trouve un reflet, sans doute bien affaibli mais, cependant, non méconnaissable de l'argumentation de Pappus.

Au Chapitre II, nous avons cité un texte, emprunté au

Manuscrit A, où ce raisonnement se trouve exposé ; le même manuscrit nous en a gardé (1) une autre rédaction que voici :

« Du mouvement et du poids. *Tout corps pesant désire tomber au centre et l'opposition qui est la plus oblique lui fait le moins de résistance.* Si le poids se trouve en A (fig. 56), sa résistance vraie et directe serait AB, mais en

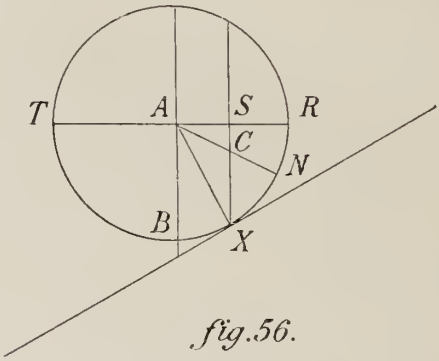


fig. 56.

quelque partie que la roue touche terre, là se trouve son pôle, et la partie qui reste la plus grande en dehors de ce pôle tombe ; SX étant le pôle, il est clair que ST pèsera plus que SR ; d'où il convient que la partie ST tombe, qu'elle vainque et enlève SR, puis qu'elle se meuve sur la pente avec furie. Et si le pôle était en N, autant NC entre en BC, autant la roue courrait plus fort sur la pente que s'il était en X. »

Quelque étrange que soit ce raisonnement, il n'en a pas moins — nous en avons fait la remarque au Chapitre II — conduit Léonard à une évaluation exacte de la pesanteur apparente d'un grave à la surface d'un plan incliné.

Cette évaluation, on la retrouve plusieurs fois dans ses notes, pourvu que l'on admette avec lui la proportion-

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. A. de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 21, verso.

nalité entre cette pesanteur apparente et la vitesse de chute. On lit, par exemple, des passages tels que celui-ci (1) :

« Le poids N tombera plus vite que le poids M (fig. 57) d'autant que la ligne AB entre dans la ligne AC. »

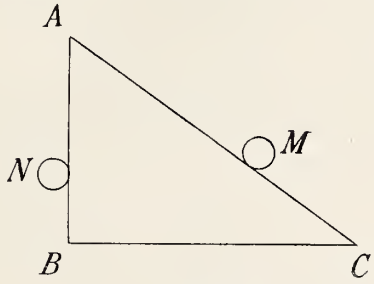


fig. 57.

On y lit encore l'énoncé que voici (2) :

« La chose descendra plus lente par la ligne BC (fig. 58) que par la ligne BD d'autant que la ligne BC est plus

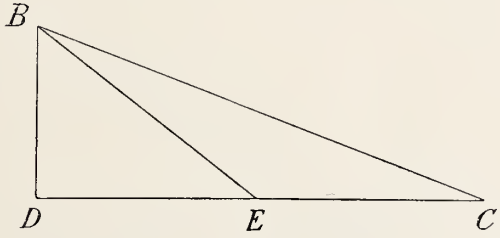


fig. 58.

longue que la ligne BD, les choses étant d'égales pesanteurs et rondeurs... Mais encore elle descendra d'autant plus lente que la partie du contact est plus voisine du centre de la gravité qui se meut. »

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch Ravaisson-Mollien, Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 33, recto.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 42, recto.

Voici enfin une curieuse remarque (1) où est impliquée une exacte connaissance de la loi du plan incliné :

« Tel sera à la balance (fig. 59) le poids AB que lui est le poids CD. »

Il ne faudrait point presser beaucoup cette remarque pour en faire sortir l'ingénieuse démonstration que donnera Simon Stevin.

Nous avons vu, au Chapitre II, comment Léonard de Vinci avait esquissé, de la règle du plan incliné, une

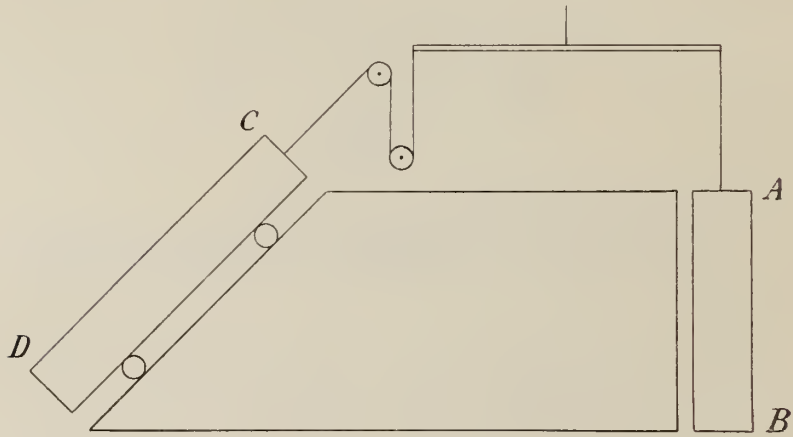


fig. 59.

démonstration qui impliquait une exacte connaissance de la loi de la composition des forces. Il ne semble pas toutefois que cette démonstration non plus que l'argumentation imitée de Pappus aient suffi à fixer son adhésion. Le plus souvent il adopte, aussi bien au sujet du plan incliné qu'au sujet de la loi de la composition des forces, des règles erronées.

Il n'est, dans l'œuvre mécanique de Léonard de Vinci, aucune idée essentielle qui ne soit issue des écrits des

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. H de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 81 [33], verso.

géomètres du moyen âge et, particulièrement, du traité de ce grand mécanicien que nous avons nommé le Précurseur de Léonard. Notion de moment d'une force, distinction entre les états d'équilibre stable et les états d'équilibre instable d'une balance, détermination de la composante d'une force suivant une direction donnée, évaluation de la puissance motrice comme produit du poids soulevé par la hauteur à laquelle on l'élève, théorie du plan incliné, toutes ces idées avaient été vues ou entrevues dès le XIIIe siècle. Il en est qui se réduisaient à un germe minuscule, à une simple ébauche et qui, dans les notes jetées sur le papier par Léonard, ont acquis un développement d'une merveilleuse ampleur. D'autres, au contraire, avaient, dès le moyen âge, atteint leur perfection, que le grand peintre a en partie méconnues ; telle la théorie du plan incliné.

Grâce aux réflexions de Léonard de Vinci, ajoutées aux œuvres de l'École de Jordanus, il n'est guère, en Statique, d'idée essentielle qui n'ait été clairement aperçue et formulée au moment où s'ouvre le XVIe siècle. Combien il s'en faut, cependant, que cette science soit dès lors définitivement constituée ! Les vérités qui, pour la composer, doivent se souder les unes aux autres en un corps de doctrine sont encore éparses et disséminées ; elles apparaissent mêlées à beaucoup d'erreurs ; la clarté des postulats exacts qui doivent justifier ces vérités n'est pas encore perçue par des yeux trop accoutumés aux fausses évidences.

Le XVIe siècle tout entier et le début du XVIIe siècle suffiront à peine à faire le tri entre les théorèmes vrais et les propositions erronées, à dissiper les malentendus nés d'un langage non encore fixé, à faire disparaître les fausses évidences, à montrer l'accord de vérités qui semblaient contradictoires, à retrouver, en un mot, ce qui était déjà inventé au XIIIe siècle.

Chapitre IX

L'ÉCOLE DE JORDANUS AU XVIe SIÈCLE NICOLO TARTAGLIA

1. *Nicolo Tartaglia ou Tartalea*

En 1546, un des plus grands géomètres du XVIe siècle, Nicolo Tartaglia ou Tartalea de Brescia, publie (1) sous ce titre : *Quesiti et Inventioni diverse* le plus important de ses écrits. Ce curieux ouvrage se compose de neuf livres : il est rédigé sous forme de dialogues, où Tartaglia s'entretient avec divers personnages de son temps. Nous y lisons de savantes dissertations, tenues à de grands seigneurs tels que François Marie, duc d'Urbin ; que Richard Ventuorth, gentilhomme de sa Majesté le roi d'Angleterre ; que Gabriel Tadino di Martinengo, chevalier de Rhodes, prieur de Barletta ; que Don Diego Hurtado di Mendozza, ambassadeur de l'Empire près la République de Venise. Nous y voyons Tartaglia s'entretenir avec des gens de toutes conditions, avec Frère Beretino, avec Maître Zuanne di Tonini da Coi, qui tient une école à Brescia, avec l'excellent docteur et philosophe Marc' Antonio Morosini, avec des mathématiciens comme Antonio Maria Fior et son Excellence Messire Hieronimo Cardano. Par-

(1) *Quesiti et Inventioni diverse di Nicolo Tartaglia*, Venetia, Vent. Ruffinelli, 1546. — Les éditions de cet ouvrage se succédèrent avec rapidité. On peut citer les suivantes : *Quesiti et Inventioni diverse. La nova Scientia*, Venetia, Nic. de Bascarini, 1550 ; — *Quesiti et Inventioni diverse, Ragionamenti sopra la travagliata Inventione, con supplemento*, Venetia, Nic. de Bascarini, 1551 ; — *Quesiti et Inventioni diverse, Regola generale de solevare con ragione e misura non solamente ogni affondata nave, ma una torre solida di metallo*, Venetia, Nic. de Bascarini, 1551 ; — *Quesiti et Inventioni diverse, con una giunta al sesto libro, nella quale si mostra duoi modi di redur una città inespugnabile*, Venetia, Nic. de Bascarini, 1554. — On peut mentionner, en outre : *Opere del famosissimo Nicolo Tartaglia, cioè Quesiti, Nova Scientia, Travagliata Inventione, Ragionamenti sopra Archimede*, etc., Venetia, 1606.

fois, les interlocuteurs sont de plus minces personnages, un artilleur, un bombardier, un fusilier, dont les noms ne nous sont point conservés.

Ces entretiens roulent sur les diverses branches des mathématiques pures et, surtout, des mathématiques appliquées. Si l'algèbre et, particulièrement, la résolution de l'équation du troisième degré, occupent le neuvième livre, les autres livres sont consacrés à la Statique, à la Balistique externe, à la fabrication et aux propriétés des explosifs, à l'art de dresser les plans à la boussole, aux principes selon lesquels doivent être tracées les fortifications, à la Tactique. On guerroyait sans cesse, en ces temps, et le géomètre se doublait presque toujours d'un ingénieur militaire.

C'est à la fin du sixième livre des *Quesiti et Inventioni diverse* que Tartaglia, pour satisfaire la curiosité du Prieur de Barletta, nous conte le peu que nous savons de sa vie.

Tartaglia naît à Brescia, au commencement du XVIe siècle, à une date qui nous est inconnue. De son père, il connaît seulement le prénom, Michel, et le surnom, Micheletto Cavallero, que lui vaut sa taille exiguë et le nom, Cavalleri, de celui qui l'emploie. Pour gagne-pain, Micheletto a un cheval avec lequel il fait la poste et porte les lettres à Bergame, à Crémone, à Vérone ; mais il meurt jeune, laissant à sa veuve deux fils et une fille ; celle-ci est la plus jeune de ses enfants ; Nicolo, le fils cadet, qui sera le grand géomètre, n'a encore que six ans.

Déjà, la misère est grande dans la famille. Cependant voici venir la guerre avec toutes ses horreurs. Les Français s'emparent de la ville de Brescia et la mettent à sac. Pour éviter la mort, une foule d'habitants fuient leurs maisons trop peu sûres et demandent au Duomo un asile sacré. L'asile est violé ; des bandes furieuses et ivres de carnage envahissent l'église, massacrant sans quartier hommes, femmes et enfants. Le sabre d'un soldat s'abat

à trois reprises sur la tête de Nicolo et lui brise le crâne en trois endoits, si affreusement que le cerveau se trouve à découvert ; deux nouvelles estocades lui fendent le palais et les deux mâchoires.

Le malheureux enfant était tombé dans les bras de sa mère ; ses horribles blessures lui ôtaient l'usage de la parole et la possibilité de prendre des aliments ; à grand'peine pouvait-il avaler les liquides. La mère de Nicolo ignorait l'art de composer les onguents ; elle était trop pauvre pour payer le médecin ; « elle fut réduite à me soigner de sa propre main, non point avec des médicaments, mais en nettoyant avec tendresse l'affreuse blessure ; elle imita les chiens qui, lorsqu'ils sont blessés, se guérissent simplement en nettoyant leur plaie avec la langue ». Les soins maternels parvinrent à rétablir Nicolo ; mais de sa blessure, il garda toute sa vie un fort bégayement ; de là, le surnom de Tartaglia, *le Bègue*, qui tint lieu pour lui du nom patronymique inconnu.

Nicolo Tartaglia avait environ douze ans lors du sac de Brescia ; avant la mort de son père, c'est-à-dire à l'âge de cinq ou six ans, il avait été à l'école pour apprendre à lire ; mais, depuis ce temps, il n'avait plus reçu aucune instruction. A quinze ans, il voulut apprendre à écrire, et s'adressa à un certain Francesco. Maître Francesco consentit à lui enseigner l'art d'écrire, moyennant finances. Un premier terme devait être payé d'avance, un second lorsque Nicolo serait parvenu à la lettre *k*, un troisième à la fin de l'alphabet. Mais lorsque l'élève eut appris à tracer la lettre *k*, il se trouva si dépourvu d'argent qu'il dut quitter l'école sans savoir former les autres lettres. Tartaglia trouva moyen de se procurer un alphabet complet tracé par Maître Francesco et d'apprendre seul à former les dernières lettres.

Après les leçons de Maître Francesco, Tartaglia n'eut plus recours à aucun enseignement ; il vécut « sans autre compagne qu'une fille de la Pauvreté, nommée Industrie ».

Ainsi se développa l'un des plus grands géomètres du XVIe siècle et de tous les temps.

La date de la mort de Tartaglia ne nous est pas mieux connue que la date de sa naissance. En 1556, Tartaglia commençait, à Venise, la publication de son *General Trattato di numeri et misure ;* la troisième partie, parue en 1560, débute par une dédicace de l'imprimeur, datée du 1er janvier 1560 ; il y est parlé de Tartaglia en des termes qui le supposent déjà mort.

Le livre premier des *Quesiti et Inventioni diverse* est consacré à l'étude du mouvement des projectiles d'artillerie. L'analyse détaillée de cette œuvre, dont l'influence fut grande, au XVIe siècle, sur le développement de la Mécanique, s'imposerait à nous si nous nous proposions d'écrire ici l'histoire de la Dynamique. Nous aurions, en particulier, à y démêler les diverses traces de l'influence non douteuse que les pensées de Léonard de Vinci ont exercée sur le géomètre de Brescia. Mais la lecture de ce premier livre n'est pas sans intérêt pour l'histoire de la Statique, car on y voit, pour la première fois, Tartaglia faire usage des principes posés par Jordanus.

Léonard de Vinci avait écrit (1) : « Tout grave qui se meut selon la position de l'égalité ne pèse que par la ligne de son mouvement. On le prouve dans la première partie que fait le mouvement du boulet de la bombarde, mouvement qui est dans la position de l'égalité. » Cette pensée suivait immédiatement quelques passages tout imprégnés des principes de Jordanus, que Léonard connaissait par Maître Blaise de Parme et par le traité de son Précurseur.

Cette pensée, Tartaglia la développa en des entretiens qu'il eut en 1538, à Venise, avec le duc d'Urbin, et par lesquels il inaugura ses *Quesiti et Inventioni diverse*. D'une

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 77, recto.

pièce d'artillerie, pointée horizontalement, sort un boulet qui suit quelque temps la ligne horizontale ; tant qu'il tient cette trajectoire, sa pesanteur naturelle, dirigée suivant la verticale, est nulle ; puis lorsque le projectile se met à décliner, elle commence à se faire sentir et croît d'autant plus que la trajectoire se rapproche davantage de la verticale.

A l'appui de cette théorie, issue des pensées de Léonard de Vinci, admise également par Cardan, que Galilée lui-même professera dans sa jeunesse, Tartaglia invoque ce principe (1) : « Il nous faut encore remarquer que l'on suppose un corps grave d'autant plus grave au lieu où il se trouve, que la descente en est moins oblique ou moins courbe, le corps étant en la même situation ou au même lieu. Et l'on suppose que la descente d'un corps grave est d'autant plus oblique que, dans sa descente, et pour une même quantité, ce corps prend moins du direct ; ou, en d'autres termes, qu'il prend une moindre quantité de la verticale ou d'une parallèle à la verticale, alors qu'il décrit une même quantité de la circonférence sur laquelle il tourne. »

De ce principe, Tartaglia tire aussitôt cette application : « Tout poids suspendu à un fléau de balance qui quitte la position d'égalité, devient plus léger, et d'autant plus léger que le fléau est plus éloigné de la position horizontale. »

L'appel aux principes de Jordanus est ici bien évident ; mais il n'est fait que d'une manière incidente. Nous allons voir Tartaglia donner de ces principes un exposé dogmatique.

Le septième livre des *Quesiti et Inventioni diverse* porte ce sous-titre : *Sur les principes des questions mécaniques d'Aristote*. Les entretiens que Tartaglia échange avec l'ambassadeur Don Diego Hurtado di Mendozza ont surtout

(1) Tartaglia, *Quesiti et Inventioni diverse*, édition de 1554, p. 8, verso.

pour but de prouver que la théorie péripatéticienne de la balance est insuffisante, car elle a été construite sans qu'il soit fait appel aux véritables principes de la Science des poids.

Ainsi, Aristote a raison d'affirmer qu'une même vertu ou puissance, appliquée à l'extrémité d'un bras de levier, le meut d'autant plus vite que ce bras est plus long ; mais de ce principe vrai, il fait une application fausse lorsqu'il en prétend tirer que les grandes balances sont plus sensibles que les petites. Son erreur provient de ce qu'il ne distingue pas assez nettement entre les propriétés des balances mathématiques, abstraites, formées de lignes sans épaisseur ni poids, et les propriétés des balances physiques, composées de pièces matérielles et pesantes. Aussi, contrairement aux raisonnements du Philosophe, sont-ce les balances les plus petites qui sont les plus sensibles.

Tartaglia expose à l'ambassadeur le raisonnement par lequel Aristote explique la stabilité d'une balance dont le point de suspension se trouve au-dessus du fléau ; son désir de critiquer le Stagirite ne l'empêche point de lui emprunter l'énoncé et la démonstration de cette proposition erronée : Lorsque le point de suspension est au-dessous du fléau, l'équilibre de la balance est indifférent ; mais à cette proposition erronée, il en joint une autre, qu'il reproche à Aristote d'avoir omise et qu'il énonce, non sans quelque vanité, comme une « belle question, bien plus cachée à notre intellect que chacune des deux autres » ; il s'agit de cette affirmation : Si le centre de gravité se trouve précisément sur le fléau de la balance, l'équilibre de la balance est stable. « Je dis à votre Seigneurie, ajoute Tartaglia, qu'avant de vouloir démontrer la cause d'un tel effet, il m'est nécessaire de définir et de démontrer quelques termes et principes de la Science des poids. »

C'est donc sur la *Science des poids* que rouleront, entre

Tartaglia et Don Diego Hurtado di Mendozza, les entretiens résumés au Livre huitième.

Il nous suffit d'entendre l'ambassadeur déclarer, dès les premières paroles, que la Science des poids est non pas une science indépendante, mais une doctrine *subalternata*, et demander à Tartaglia de quelles disciplines elle dérive ; d'entendre Tartaglia répondre aussitôt qu'elle dérive, en partie, de la Géométrie et, en partie, de la Philosophie naturelle, pour que notre pensée se reporte aussitôt vers le préambule du *Commentaire péripatéticien* au Traité de Jordanus ; vers ce préambule que, peu d'années auparavant, Peter Apian a livré à l'impression. De suite, il est clair pour nous que la *Science des poids* exposée par Tartaglia à l'ambassadeur de l'Empire se rattache à l'École de Jordanus.

Tartaglia, d'ailleurs, ne suit pas aveuglément un seul auteur de cette École ; il fait un choix entre des traités divers. Nous lui avons vu, par exemple, emprunter son entrée en matière au Commentateur péripatéticien dont Peter Apian a imprimé l'écrit ; mais à ce traité obscur, il ne fait pas d'autre emprunt. Parmi les postulats énoncés, nous remarquons celui-ci (1), qui ne trouve, au huitième livre des *Quesiti*, aucune application : « Aucun corps n'est grave en lui-même. Ainsi l'eau au sein de l'eau, le vin dans le vin, l'huile dans l'huile, l'air dans l'air, n'ont aucune gravité ». Nous reconnaissons aussitôt une proposition empruntée au *traité des poids* — faussement attribué à Archimède — et reproduite dans l'écrit de Blaise de Parme. Mais deux sources ont, presque exclusivement, fourni les matières traitées au huitième livre des *Quesiti* ; ces deux sources sont le fragment *De ponderoso et levi* attribué à Euclide et le premier livre du traité composé par le Précurseur de Léonard de Vinci.

Les modifications apportées par Tartaglia à la rédaction

(1) *Quesiti et Inventioni diverse*, Libro ottavo, Quesiti XXVII, Petitione VI.

de ces divers écrits sont de minime importance ; elles consistent surtout en phrases laudatives prodiguées par l'ambassadeur : « Voilà une assez belle proposition ; voilà un problème qui me plaît ; je comprends très bien, vous pouvez continuer. »

Le premier livre du traité composé par le Précurseur de Léonard de Vinci n'est pas en entier reproduit par Tartaglia. Il passe notamment sous silence la belle proposition relative au levier coudé. Mais il expose (1) avec grand détail et grand soin la théorie du plan incliné donnée au même ouvrage.

En entendant cet exposé, Don Diego Hurtado di Mendozza peut, à juste titre, s'écrier : « Voilà une belle spéculation, et qui me plaît assez ». Il est impossible, en effet, de souhaiter solution plus claire et plus simple du problème du plan incliné. Mais, sans vergogne, Tartaglia prend pour lui les éloges qu'il se fait décerner ; il se garde bien de faire mention de l'écrit qui a fourni ce beau théorème.

Pas une fois, d'ailleurs, Tartaglia n'a nommé Jordanus, à l'École duquel il s'est rangé. Cette criante injustice ne pouvait longtemps demeurer inaperçue.

Un différend mettait aux prises Cardan et Tartaglia au sujet des méthodes propres à résoudre l'équation du troisième degré et de la priorité d'invention de ces méthodes ; cette querelle provoqua un ardent duel mathématique entre Tartaglia et le tenant de Cardan, Luigi Ferrari, qui était élève du médecin milanais, et déclarait « che sono creato suo ». Le combat s'engagea le 10 février 1547 par un cartel (2) de Ferrari à Tartaglia, que suivirent

(1) *Quesiti et Inventioni diverse*, Libro ottavo, Quesiti XLI, XLII ; Propositioni XIV, XV.

(2) *I sei cartelli di matematica disfida primamenti intorno alla generale risoluzione delle equazioni cubiche di* Ludovico Ferrari, *Coi sei contro-cartelli in riposta di* Nicolo Tartaglia *comprendenti le soluzioni de' quesiti dall' una et dall' altra parte propositi.*

Raccolti, autografati e publicati da Enrico Giordani, Bolognese. Premesse

cinq autres cartels envoyés le 1 avril, le 1 juin, le 10 août 1547, au cours d'octobre 1547, et le 14 juillet 1548. A chacun de cartels, Tartaglia riposta par un contre-cartel ; les dates de ces contre-cartels sont les suivantes : 19 février, 21 avril, 9 juillet, 30 août 1547, 6 juin et 24 juillet 1548.

Dès son premier cartel, Ferrari attaque avec une extrême violence la bonne foi scientifique de Tartaglia : « Outre mille erreurs commises dans les premiers livres de votre ouvrage, lui dit-il (1), vous avez encore exposé, au huitième livre, les propositions de Giordano comme si elles étaient vôtres et sans faire aucune mention de l'auteur ; c'est un vol criant. Vous donnez des démonstrations de votre tête qui, la plupart du temps, ne concluent pas, et, pour votre grand'honte, vous faites confesser à l'Illustrissime Seigneur Don Diego di Mendozza des choses qu'il ne dirait pas pour tout l'or du monde ; j'en suis assuré, car je connais en partie l'étendue de sa science ; cela

notizie bibliografiche ed illustrazioni sui Cartelli medesimi, estratte da documenti già a stampa ed altri manoscritti favoriti dal Comm. Prof. Silvestro Gherardi. Milano, 1876.

Ces six cartels de Ferrari et les six ripostes de Tartaglia étaient demeurés entièrement inconnus des mathématiciens, lorsque M. Silvestro Gherardi fut assez heureux pour en reconstituer la collection complète. Les six cartels de Ferrari trouvés par lui portaient, de la main de l'auteur, l'adresse : *Al Signor Nicolo Simo ;* Nicolo Simo était, en effet, un des géomètres auxquels les deux adversaires adressaient leurs écrits. Cette collection est absolument unique. Seul, le second cartel de Ferrari se trouve à la Bibliothèque de St-Marc, à Venise. Gherardi publia ces douze pièces, en 1846, à Bologne, à la suite du livre qu'il a donné sous le titre : *Di alcuni materiali per la storia della facolta matematica in Bologna* ; il les céda ensuite à Libri. Elles furent vendues à Londres, en 1861, avec la bibliothèque de Libri. En 1876, par les soins de M. Enrico Giordani, cette collection fut reproduite en fac-similé et dédiée au Prince Baldassare Boncompagni (Voir : *Catalogue of mathematical, historical, bibliographical, and miscellaneous portion of the celebrated library of M. Guglielmo Libri* ; Part I : A-L, London 1861, n° 178, pp. 19 et 20 : à la p. 1 se trouve un fac-similé d'un autographe ; de Ferrari. — J. Ch. Brunet, *Manuel du libraire et de l'amateur de livres*, t. V, 1864, colonne 661 — et la notice qui précède la réimpression de 1876).

(1) Ferrari, *Primo cartello*, p. 2.

manifeste votre présomption en même temps que votre ignorance. »

A ce coup droit, Tartaglia ne riposta pas dans son premier contre-cartel ; alors Ferrari redoubla : « Sont-ils sortis de ta mémoire, s'écrie-t-il en son second cartel (1), ces vols et ces erreurs qu'excédé de ton injustice, je t'ai rappelés en ma provocation ? Je t'ai dit que tu avais dérobé les propositions de Jordanus, que tu te les étais attribuées sans aucunement mentionner l'auteur, que tu avais eu le ridicule de donner pour concluants tes arguments futiles, et que, pour ta honte mémorable, tu avais mis en scène et pris pour interlocuteur un homme très digne, l'ambassadeur de l'Empire, auquel tu fais déclarer tes démonstrations vraies et très efficaces ; par une étrange inertie et pour l'étonnement de l'intelligence, il t'arrive souvent de supposer ce qui est en question ; enfin tu reprends faussement et injustement le divin Aristote. »

Cette fois, Nicolo Tartaglia riposta (2).

De l'aveu de Ferrari, les démonstrations par lesquelles il a prouvé les propositions de Giordano sont siennes. « Or la démonstration, vous devez le savoir, est chose de bien plus d'importance, elle demande bien plus de savoir, elle est plus scientifique et de plus grande difficulté que la pure proposition. Toute proposition mathématique, isolée de la démonstration, est réputée de nulle valeur auprès des mathématiciens ; proposer est chose facile ; tout ignorant saurait formuler une proposition, mais non point la démontrer...

» ... Il m'est donc licite de regarder comme mien mon huitième livre des poids, et cela pour trois solides raisons.

» En premier lieu, l'ordre que j'ai suivi est tout diffé-

(1) Ferrari, *Secondo cartello*, p. 6.

(2) *Seconda riposta data da* Nicolo Tartalea Brisciano, pp. 7 et 8.

rent ; il est plus simple, plus intelligible et plus abrégé que l'ordre suivi par Giordano.

» En second lieu, j'ai notablement amplifié les définitions, les pétitions et les propositions et, si la mort n'interrompt point mes desseins, je pense les développer bien plus encore à l'avenir.

» En troisième lieu, comme vous le confessez vous-même, les démonstrations sont miennes ; elles ne sont pas de Giordano. Vous prétendez que le peu que j'ai pris à Giordano me fait un devoir de citer cet auteur. Je vous réponds que si je l'avais cité, il m'aurait été nécessaire de signaler la grande obscurité de ses propositions comme de ses démonstrations, obscurité que tout homme intelligent peut constater ; et il me semblait que ce n'était point chose à faire. »

La riposte que Tartaglia adresse à Ferrari n'est point faite pour nous donner une haute idée de sa bonne foi ; elle pouvait duper celui qui jugeait Jordanus au travers des démonstrations nébuleuses de son Commentateur péripatéticien, publiées par Peter Apian ; elle semble misérable à qui connaît les textes primitifs, si clairs et si précis, dont les raisonnements de Tartaglia sont, presque toujours, une simple paraphrase ; des démonstrations que Tartaglia revendique avec tant d'âpreté, le *Liber de ponderoso et levi*, attribué à Euclide, le traité composé par le Précurseur de Léonard de Vinci ont fait tous les frais.

A son prédécesseur anonyme, Tartaglia accorda une tardive réparation.

Dans sa réponse à Ferrari, il avait déclaré qu'il se proposait, à moins que la mort ne vînt interrompre ses desseins, de donner aux démonstrations de Jordanus de nouveaux développements. Ces projets ne furent point mis à exécution ; mais Tartaglia légua à son ami Curtius Trojanus, célèbre éditeur de Venise, un manuscrit auquel il avait ajouté quelques figures. Ce manuscrit est le traité dont nous avons longuement parlé comme ouvrage du

Précurseur de Léonard de Vinci. Selon le désir exprimé par le grand géomètre, Curtius Trojanus publia (1) ce traité ; il y joignit le traité des pesanteurs spécifiques attribué à Archimède ; il y joignit aussi des déterminations des poids spécifiques obtenues par Tartaglia lui-même.

Cette édition, survenant après celle de Peter Apian, fit connaître aux géomètres du XVIIe siècle non pas l'ouvrage primitif de Jordanus — il est encore inédit — mais les divers commentaires composés sur cet ouvrage. Nous verrons ces commentaires donner lieu à de grands débats.

2. *Jérôme Cardan — Alexandre Piccolomini*

Il est impossible de parler de l'École de Jordanus au XVIe siècle sans faire mention de Jérôme Cardan. Sans doute, Cardan est, avant tout, disciple de Léonard de Vinci ; les idées qu'il commente et développe en Mécanique, ce sont celles que nous lisons dans les notes du grand peintre, notes dont, assurément, il a eu connaissance. Mais ce qu'il ajoute parfois aux découvertes de Léonard, il l'emprunte aux écrits de Jordanus et de son École.

Nous l'avons vu, au Chapitre III, mener grand bruit autour de la théorie de la balance romaine, reprochant à Archimède d'avoir délaissé ce problème pour s'adonner à d'autres recherches moins utiles ; mais il s'est bien gardé d'ajouter que son invention n'avait aucune part à la solution qu'il donnait de ce problème, car il l'avait trouvée exposée en détail dans tous les traités de l'École de Jordanus qui, eux-mêmes, la tenaient, par le *De canonio*, des géomètres de l'École d'Alexandrie.

Il nous est possible, d'ailleurs, de citer l'un au moins

(1) Jordani *Opusculum de ponderositate*, Nicolai Tartaleæ studio correctum, novisque figuris auctum. Cum privilegio. Venetiis, apud Curtium Trojanum, MDLXV.

des écrits de l'École de Jordanus où il avait puisé ses renseignements. Dans un de ses plus anciens ouvrages (1), après avoir donné la théorie de la balance romaine, il ajoute : « De là se conclut la vérité de cette proposition de Pellacanus (2) : Une mouche pourrait faire équilibre à la Terre entière si on la plaçait à l'extrémité d'un bras de levier très long. Mais de telles imaginations fabuleuses ne sont point utiles ; elles rendent plutôt la science ridicule. » Il énumère ensuite divers problèmes que l'on peut examiner touchant la romaine ; ce sont précisément ceux qui composent le *De canonio*, ceux que résout Blaise de Parme dont, comme Léonard, il avait étudié le *Tractatus de Ponderibus*.

Nous avons vu également Cardan examiner pour quelle raison un fardeau pendu à un bras de balance devenait moins pesant au fur et à mesure que le bras qui le porte se rapproche de la verticale ; nous l'avons entendu émettre à cet égard des considérations fort intéressantes touchant le principe des vitesses virtuelles ; mais ces considérations étaient tout imprégnées des propositions établies par Jordanus au sujet de la variation de gravité *secundum situm* d'un poids mobile sur un cercle.

Cardan cite toutefois Jordanus, mais c'est afin de lui reprocher la proposition inexacte touchant la stabilité de la balance. Il rectifie d'ailleurs, dans le même passage, comme le Précurseur de Léonard et Léonard lui-même

(1) Hieronymi Cardani *De numerorum proprietatibus liber unicus* ; Caput LXVI, de Ponderibus. Selon Niceron (*a*), cet ouvrage fut imprimé pour la première fois, après la mort de l'auteur, dans Hieronymi Cardani *Opera omnia*, tomus IV.

(2) Dans le manuscrit (*b*) que nous avons étudié, Blaise de Parme dit seulement qu'un grain de millet peut faire équilibre à un poids mille fois plus considérable. Cardan avait sans doute, du même traité, une rédaction un peu différente.

(*a*) Niceron, *Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres*, t. XIV, p. 271 ; Paris, 1731.

(*b*) Bibliothèque Nationale, fonds latin, Ms. 10 252.

l'avaient fait avant lui, l'erreur d'Aristote qui avait déclaré indifférent un certain état d'équilibre instable.

« Et de ceci, dit Cardan (1), est monstré ce que dit le Filosofe : Que si les poids sont égaus en F et R (fig. 60), la balance toutefois de son gré retourne à la droite situation, la languette étant en AB. Et Jordanus ne démonstre ceci et ne l'a entendu. Semblablement, pourquoi la languette posée à QB et plus bas que la livre, comme il avient quand la livre est renversée, que tu tiennes de ta

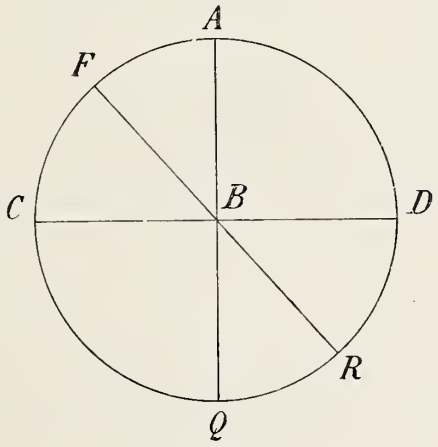


fig. 60

main la languette, la livre dessus, le poids qui ja aurait descendu tiré vers R, un autre pois égal étant constitué en F, ou que les balences soient totalement vides, non seulement elles ne retournent point vers la situation CD, comme en lieu droit, mais plus tost R descend vers Q, et F monte vers A, comme il est manifeste par expérience. Pareillement, Jordanus ne démonstre ceci. »

Les raisonnements, assez confus d'ailleurs, que Cardan

(1) *Les Livres de* Hierome Cardanus, médecin milannois, *intitulés de la Subtilité et subtiles Inventions, ensemble les causes occultes et raisons d'icelles*, traduis de Latin en François par Richard de Blanc. Paris, Charles l'Angelier, 1556.

développe au sujet de ces questions de stabilité sont essentiellement ceux que nous trouvons dans les notes de Léonard de Vinci.

L'erreur commise par Aristote était, nous l'avons vu au Chapitre VII, un simple lapsus ; tout lecteur attentif la devait rectifier ; mais corriger, si peu que ce soit, le Philosophe n'était jamais réputé œuvre de mince importance.

A l'époque qui nous occupe en ce moment, c'est-à-dire au milieu du XVIe siècle, les *Quæstiones mechanicæ* d'Aristote, qui n'avaient presque été l'objet d'aucun commentaire suivi, furent exposées avec beaucoup de précision et de soin par le savant Alexandre Piccolomini (1). Piccolomini, lui aussi, remarqua l'inadvertance d'Aristote ; mais il n'osa reprendre le Stagirite qu'avec des précautions infinies (2) : « Le texte des paroles d'Aristote est très défectueux en ce qui concerne cette question ; pour établir le véritable sens qu'il convient d'attribuer à ce texte, nous avons dû faire un grand effort ; nous nous sommes servis d'un instrument matériel pour reconnaître par les sens ce que la démonstration avait découvert à notre intelligence ; une telle vérification expérimentale est de grande importance selon la doctrine péripapéticienne ».

(1) Alexandri Piccolominei *in mechanicas quæstiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior*, ad Nicolaum Ardinghellum Cardinalem amplissimum (A la dernière page : Excussum Romæ apud Antonium Bladum Asulanum, Tertio Non. Januarii MDXLVII). — Le même ouvrage a été réédité : Venetiis, apud Curtium Trojanum, MDLXV. — Il a été également traduit en italien sous ce titre : A. Piccolomini, *Sopra le mecaniche d'Aristotile*, trad. da O. V. Biringucci. Roma, Zanetti, 1582.

(2) Édition de 1547, p. 22, verso.

Chapitre X

LA RÉACTION CONTRE JORDANUS GUIDO UBALDO — BENEDETTI

§ 1. *Guido Ubaldo, marquis del Monte* (1) (1545-1607)

Dès les débuts de la Statique, nous avons pu observer, aux prises avec les difficultés de cette science, deux sortes d'esprits : l'esprit d'intuition et l'esprit de déduction. Nous avons vu Aristote ou l'auteur, quel qu'il soit, des Μηχανικὰ προβλήματα, jeter des regards profonds en la nature des principes qui doivent régir la science de l'équilibre, quitte à ne point ranger dans un ordre parfait les vues qu'il avait saisies. Nous avons vu Archimède, au contraire, s'efforcer de n'énoncer aucune proposition qui ne se déduise très rigoureusement de postulats clairs et explicitement énoncés.

Précieuse lorsqu'il s'agit d'ordonner et de classer des vérités acquises, la méthode impeccablement déductive du géomètre n'est point celle qui permet de pénétrer d'emblée au cœur d'un problème obscur et de saisir les principes de la solution. C'est l'intuition, et l'intuition seule, qui peut jeter son filet jusqu'au fond des abîmes inconnus et y draguer les vérités dont s'alimentera la science. Mais lorsque le filet est revenu à la surface, lorsqu'est répandue sur le rivage la pêche abondante où les vérités précieuses sont mêlées aux erreurs dangereuses, la déduction doit accomplir son triage minutieux et patient, choisir ce qui est bon, le purifier de toute

(1) D'autres auteurs orthographient autrement ce nom ; M. Favaro, notamment, écrit : *Guidobaldo dal Monte ;* nous suivons l'orthographe adoptée par Pigafetta dans la traduction de la *Mécanique* qu'il publia en 1581, du vivant de l'auteur.

souillure, le ranger avec soin, et rejeter au loin ce qui est faux et mauvais.

Pendant deux mille ans, l'intuition a continué sans relâche sa pêche fructueuse ; elle peut être fière du butin qu'elle a rapporté ; la déduction n'est presque jamais venue à son aide. La plupart des vérités fondamentales de la Statique font partie de ce butin ; mais il est temps que la rigueur géométrique les choisisse, les sépare des idées fausses parmi lesquelles elles sont confondues, les étale en pleine lumière ; car, en présence de cet amas confus où le vrai et le faux sont entassés pêle-mêle, les meilleurs esprits hésitent, ne sachant ce qu'il convient de garder, ce qu'il faut rejeter.

Le triage confié à la méthode déductive est une opération nécessaire, mais qui doit être menée avec discernement et prudence. Les conquêtes les plus précieuses de l'induction n'éclatent pas toujours aux yeux, nettes et scintillantes ; la vase des fonds auxquels elles ont été arrachées les souille encore et les dissimule ; le géomètre pressé et peu clairvoyant est exposé à prendre quelqu'une de ces vérités pour une proposition fausse ou inutile, à la rejeter avec mépris, alors qu'un labeur plus soigneux et mieux éclairé lui en eût fait reconnaître l'insigne valeur.

Trop souvent, l'étroitesse de l'esprit géométrique, en réputant fausses des propositions que l'intuition avait formulées, mais qu'elle n'avait pas suffisamment démontrées, a repoussé de fécondes vérités et retardé le progrès de la science. De cette étroitesse, nous allons trouver de remarquables exemples en étudiant la réaction qu'ont dirigée, contre l'École de Jordanus, Guido Ubaldo et Benedetti ; cette réaction, menée au nom de la rigueur déductive, va révoquer en doute presque tout ce que la méthode intuitive avait découvert, d'Aristote à Léonard de Vinci.

Au milieu du XVIe siècle, d'ailleurs, l'esprit géométrique est particulièrement exalté. Les chefs-d'œuvre de la Science

grecque sont enfin étudiés d'après les textes originaux ; la rigueur et l'élégance que laissaient seulement soupçonner les versions arabes, se montrent en pleine lumière ; Pappus, et surtout Archimède, dont les écrits sont demeurés longtemps inconnus, montrent que la méthode déductive peut être suivie avec autant de sévérité dans l'étude de la Mécanique que dans l'exposé de la Géométrie.

Assurément, l'analyse subtile que le grand géomètre de Syracuse avait employée pour déterminer certains centres de gravité ou certains centres de carène ne ravissait pas tous les suffrages. Ceux dont l'esprit se portait surtout vers les applications pratiques des mécaniques ne trouvaient pas que le résultat obtenu valût l'effort fait pour l'obtenir. « Archimède, écrivait Cardan (1), a découvert deux raisons d'être du centre de gravité ; l'une a trait aux poids suspendus, l'autre aux corps flottants sur l'eau ; en chacune de ces inventions, comme en l'étude de l'hélice, on trouve toute la subtilité qu'il est juste d'attendre d'un auteur aussi illustre ; mais le fruit n'est pas proportionné à la peine ; depuis l'époque d'Archimède jusqu'à nos jours, il ne s'est rencontré personne qui ait pu montrer quelle sorte d'utilité se peut trouver en une telle contemplation. »

Les esprits amoureux de la beauté géométrique ne partageaient point les sentiments, empreints d'un utilitarisme quelque peu grossier, que professait Cardan. François Maurolycus de Messine (1494-1575) et Frédéric Commandin d'Urbin (1509-1575) traduisaient et commentaient Archimède. Mieux encore : des méthodes créées par l'illustre Syracusain ils donnaient de nouvelles applications ; ils s'en servaient pour déterminer divers centres de gravité jusqu'alors inconnus. Terminées dès 1548, les recherches dirigées en ce sens par Maurolycus parurent seulement

(1) Hieronymi Cardani Mediolanensis civisque Bononiensis *Opus novum de proportionibus numerorum*... Propositio CLXXVI, p. 197 ; Basileæ, MDLXX.

plus d'un siècle après sa mort (1) ; Commandin vit les siennes imprimées durant sa vie (2). D'autres géomètres suivirent la même voie ; parmi ceux-ci, nous pouvons citer Luca Valerio (3) que Galilée nomme (4) le « second Archimède de son temps » et Guido Ubaldo.

De tels esprits, habitués aux minutieuses exigences de la méthode Euclidienne, devaient être violemment scandalisés à l'aspect des intuitions souvent profondes, mais presque toujours troubles et confuses, des grands mécaniciens du XIIIe siècle. En l'œuvre que ceux-ci avaient laissée, la sagacité des géomètres eût pu trouver un emploi utile et fécond ; elle eût pu s'appliquer à séparer la vérité de l'erreur, à rejeter celle-ci, à affermir celle-là. Mais offusqués par l'erreur qui se manifestait avec évidence, les admirateurs d'Archimède se refusaient à reconnaître, dans la Statique du moyen âge, la très grande et très precieuse part de vérité qu'elle contenait. Leur sens critique, se changeant en esprit de dénigrement, rejetait pêle-mêle tout ce qu'avait produit l'École de Jordanus.

Ainsi l'admiration que les mathématiciens du milieu du XVIe siècle professèrent pour les œuvres achevées et parfaites des géomètres grecs eut, d'abord, cette singulière conséquence de faire reculer la Statique, de déterminer l'abandon de vérités acquises, qu'un labeur pénible, prolongé jusqu'au milieu du XVIIe siècle, parviendra seul à reconquérir.

Cette réaction, nous l'avons dit, est surtout l'œuvre de deux disciples également subtils d'Euclide et d'Archimède : Guido Ubaldo del Monte et Giovanni Battista Benedetti.

(1) *Admiranda Archimedis monumenta omnia quæ exstant*.. ex traditione D. Francisci Maurolyci. Panormi, ap. Cyllenium Hispanicum, MDCLXXXV.

(2) Federici Commandini *Liber de centro gravitatis solidorum*, Bononiæ, MDLXV.

(3) Lucæ Valerii *De centro gravitatis solidorum libri III*, MDCIV.

(4) Galileo Galilei, *Dialoghi delle Scienze nuove*... Giornata seconda.

Guido Ubaldo, marquis del Monte, était un fort habile géomètre ; il maniait avec élégance les procédés chers aux maîtres de la géométrie grecque. Nous en avons pour garants son traité *De la vis* (1) et aussi ses recherches sur les centres de gravité (2) ; des quelques passages, intéressant la Mécanique, que renferment ces dernières, nous aurons à faire mention lorsqu'en un prochain chapitre (Chapitre XV, 3), nous étudierons le principe de Torricelli.

Son traité de Mécanique (3), qui eut une très grande vogue à la fin du XVIe siècle et au début du XVIIe siècle, ne porte point seulement la marque de l'influence exercée par Archimède ; Guido Ubaldo connaît Pappus, qu'il cite dans sa *Paraphrasis* aux livres d'Archimède, et, par Pappus, les *Mécaniques* d'Héron d'Alexandrie dont un résumé termine les *Collections mathématiques ;* c'est sans doute à ce résumé qu'il emprunte l'énumération des machines simples dont l'étude compose son traité, énumération qui sera religieusement conservée jusqu'à nos jours.

L'œuvre accomplie en Mécanique par Guido Ubaldo est,

(1) Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *De cochlea libri quatuor*, superiorum permissu et privilegio. Venetiis, apud Evangelistam Deuchinum, MDCXV.

(2) Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *In duos Archimedis æquiponderantium libros paraphrasis*, scholiis illustrata. Pisauri, apud Hieronymum Concordiam, MDLXXXVIII.

(3) Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *Mechanicorum liber*, in quo hæc continentur : De libra, de vecte, de trochlea, de axe in peritrochio, de cuneo, de cochlea. Superiorum permissu et privilegio. Pisauri, apud Hieronymum Concordiam, MDLXXVII. — *Le même ouvrage* a été réimprimé : Venetiis, apud Evangelistam Deuchinum, MDCXV. — Il a été également traduit en italien, sous ce titre, d'une emphase curieuse : *Le mechaniche* dell' illustriss. Sig. Guido Ubaldo de Marchesi del Monte, tradotte in volgare dal Sig. Filippo Pigafetta. Nelle quali si contiene la vera dottrina di tutti gli istrumenti principali di mover pesi grandissimi con picciola forza. A beneficio di chi si diletta di questa nobilissima scienza ; et massimamente di capitani di guerra, ingegnieri, architetti, et d'ogni artefice, che intenda per via di machine far opre maravigliose, e quasi sopranaturali. Et si dichiarano i vocabili, et luoghi piu difficili. In Venetia, appresso Francesco di Franceschi Sanese, MDLXXXI. — Une deuxième édition de cette traduction a paru à Venise en MDCXV.

bien moins que son œuvre de géomètre, propre à servir sa renommée. Nul écrit n'est plus capable de marquer à quel point le souci exagéré de la rigueur déductive peut aveugler l'esprit et lui faire méconnaître les plus précieuses vérités. Intelligence pointilleuse, Guido Ubaldo prend des vétilles pour de graves erreurs ; il reproche sévèrement à ses prédécesseurs d'avoir toujours traité les verticales issues des divers points d'un levier ou d'une balance comme des lignes parallèles entre elles ; or, il commet des inexactitudes lorsqu'il veut tenir compte de leurs mutuelles inclinaisons et, d'ailleurs, dans la plupart des applications, il néglige, lui aussi, ces inclinaisons.

C'est à l'encontre de l'École de Jordanus que s'exerce surtout sa sévérité ; dès le début de son ouvrage, il se propose de reprendre la théorie de la balance « car, dit-il (1), il est étonnant de voir les ruines qu'ont accumulées en cette question Jordanus, qui a joui d'une grande autorité auprès des géomètres modernes, et les autres auteurs qui se sont proposé de discuter ce problème ».

Jordanus a faussement énoncé qu'un levier de bras égaux, aux deux extrémités duquel pendent des poids égaux, se trouvait en équilibre stable ; Guido Ubaldo déclare avec raison qu'un tel équilibre est indifférent. « Mais, ajoute-t-il (2), quelques géomètres professent, au sujet de cette affirmation, une opinion différente au nom de laquelle ils lui objectent plusieurs considérations ; il sera donc nécessaire de s'arrêter quelque temps à ce point ; et je tenterai de défendre, dans la mesure de mes forces, non seulement mon propre avis, mais Archimède lui-même, qui semble avoir été du même avis ». En regard de cette déclaration, une manchette porte ces indications : « Jordanus, *de ponderibus* ; Hieronymus Cardanus, *de subtilitate* ; Nicolaus Tartalea, *de quæsitis ac inventionibus* ».

(1) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, ad Franciscum Mariam II, Urbinatum ducem, præfatio.

(2) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, de libra, Propositio IV.

La proposition incriminée par Guido Ubaldo est sûrement inexacte ; mais elle constitue une application illégitime d'un lemme très juste et très fécond : Lorsqu'un bras de levier, dont l'extrémité porte un fardeau, tourne autour de son point d'appui, la gravité *secundum situm* du fardeau est d'autant plus petite que le levier est plus près d'être vertical. Cette proposition fondamentale, Guido Ubaldo n'ose la révoquer en doute ; mais il accumule les critiques contre la démonstration que ses prédécesseurs en ont donnée.

Parmi ces critiques, il en est de tout à fait ridicules ; tel le reproche de ne point tenir compte, en ce problème, de la mutuelle inclinaison des verticales.

D'autres objections, mieux fondées en apparence, n'eussent cependant pas arrêté longtemps un esprit plus clairvoyant et moins malveillant.

Ainsi, Jordanus et ses successeurs, pour déterminer le rapport entre la gravité véritable d'un poids et sa gravité *secundum situm*, supposent que le poids descende le long d'un certain arc et comparent la longueur de cet arc à la longueur qu'*il prend du direct ;* or le rapport de ces deux longueurs change selon que l'on considère un arc plus ou moins long. « Si ce raisonnement était vrai, un même poids, dans une même situation, serait tantôt plus lourd, tantôt plus léger, selon que l'on considérerait d'une manière ou d'une autre sa façon de se comporter en cette même situation ; cela est impossible. » La contradiction n'est qu'apparente ; pour connaître le rapport entre la gravité réelle et la gravité de situation, il faut prendre le rapport limite entre l'arc parcouru et sa projection sur la verticale *lorsque l'arc est infiniment petit* ; Jordanus l'avait indiqué aussi clairement qu'on le pouvait attendre d'un auteur du XIIIe siècle ; et le Précurseur de Léonard l'avait plus qu'indiqué en un passage reproduit aux *Quesiti* de Tartaglia ; bien loin qu'il dût repousser une considération de ce genre, Guido Ubaldo, rompu à la méthode des limites

par l'étude des écrits d'Achimède, semblait désigné pour la tirer tout à fait au clair.

Bien au contraire, il rejette résolument toute détermination de la gravité *secundum situm* tirée de l'obliquité de la trajectoire : « L'esprit ne saurait être en repos, tant qu'on n'aura pas assigné aux variations de cette gravité une cause autre que celle-là ; il semble, en effet, que c'en soit le signe plutôt que la vraie raison. Cette variation provient d'une raison autre que celle que l'on tire du mouvement plus ou moins droit ou oblique. »

Quelle est donc cette raison, qui a échappé à l'École de Jordanus ?

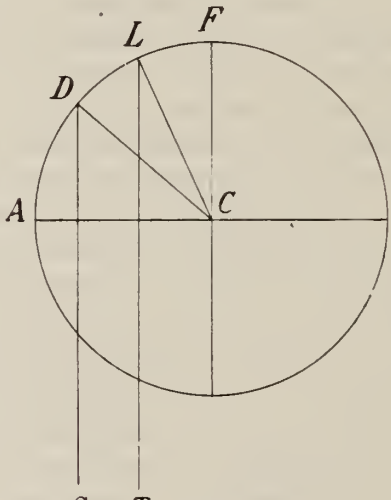


fig. 61.

Considérons en D (fig. 61) un poids mobile sur une circonférence dont le plan est vertical. S'il était libre et débarrassé de toute entrave, il tomberait tout droit par la verticale DS (1). Il en est empêché par le rayon CD qui

(1) Nous négligeons à dessein, en exposant le raisonnement de Guido Ubaldo, la convergence des verticales, dont l'auteur s'embarrasse.

l'oblige à se mouvoir suivant la circonférence, « qui le pousse, en quelque sorte, et qui, en le poussant, soutient partiellement ce poids. Ainsi les lignes CD, CL résistent au poids pour une part, mais non pour une part égale. » Chacune d'elles résiste d'autant plus qu'elle fait avec la verticale un angle plus aigu. En F, où le rayon coïncide avec la verticale, cette résistance annule tout à fait la gravité du mobile. « La ligne CD résiste moins au poids placé en D que la ligne CL ne résiste au poids placé en L. La ligne CD supporte donc moins que CL ; le poids est plus libre en D qu'en L... C'est pourquoi il est plus pesant en D qu'en L... Ainsi donc un même poids peut, par l'effet de la situation qu'il occupe, être plus lourd ou plus léger ; non pas que, par l'effet de cette situation, il acquière réellement une gravité nouvelle ou qu'il perde de sa gravité première ; car il garde toujours la même gravité, en quelque lieu qu'il se trouve ; mais parce qu'il pèse plus ou moins sur la circonférence. »

Ces considérations renferment assurément une idée juste ; lorsqu'un poids est assujetti à glisser sur une certaine trajectoire, il convient de considérer non seulement la composante du poids suivant la tangente à cette trajectoire, mais aussi la composante de la même force suivant la normale au chemin que le mobile est contraint de décrire. Cette pensée, d'ailleurs, s'était déjà présentée, sous maintes formes différentes, à l'esprit de Léonard de Vinci, et Guido Ubaldo ne fait que la retrouver.

Mais, ce point accordé, on ne voit nullement pourquoi il serait plus logique et plus naturel de déterminer en premier lieu la composante normale plutôt que la composante tangentielle ; on ne voit pas que les considérations exposées par Guido Ubaldo lui fournissent une détermination quantitative de la composante normale ; enfin on ne voit pas comment, dans l'ignorance de toute règle de la composition des forces, notre géomètre pourrait tirer,

de la connaissance de la composante normale, la connaissance de la composante tangentielle.

A quel point les opinions de Guido Ubaldo touchant la composition des forces sont encore vagues et erronées, on en jugera par le passage suivant :

Si le bras de balance OD (fig. 62) est plus long que le bras OC, un poids placé en O sera plus lourd s'il pend à l'extrémité du premier bras qu'à l'extrémité du second « car la descente du poids sera plus proche du mouvement

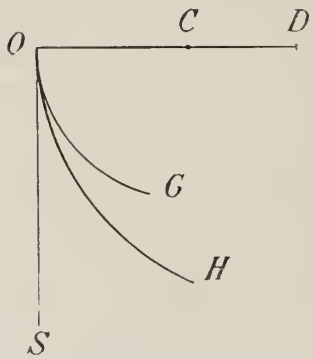


fig. 62.

naturel par la circonférence OH que par la circonférence OG. Si donc le centre de la balance est placé en D, le poids sera plus libre et moins lié que si le centre était placé en C ; partant, il sera plus lourd. »

Le P. Mersenne, qui reproduit (1) ce raisonnement en une de ses additions aux *Méchaniques* de Galilée, ajoute : « Aristote croit que la raison en doit estre prise de ce que le centre empesche plus les poids prochains que les éloignez, dautant qu'il les contraint davantage, et leur communique tant qu'il peut son immobilité... Ce que l'on

(1) *Les Méchaniques* de Galilée, mathématicien et ingénieur du duc de Florence, avec plusieurs additions rares et nouvelles, utiles aux architectes, ingénieurs, fonteniers, philosophes et artisans ; traduites de l'italien par L. P. M. M. (le P. Mersenne, Minime). A Paris, chez Henry Guenon, MDCXXXIV ; 2e addition, p. 23.

peut aysément appliquer à l'approche ou à la distance des créatures d'avec la perfection divine, laquelle rend les créatures raisonnables dautant plus fixes et immobiles dans sa grâce et dans la ferme résolution du bien, qu'elles s'en approchent plus près. »

C'est avec raison que le P. Mersenne rapproche ici la pensée de Guido Ubaldo de celle d'Aristote ; le raisonnement que nous avons cité s'inspire de certains passages, et non des meilleurs, des Μηχανικὰ προβλήματα ; c'est par le canal du commentateur péripatéticien de Jordanus ou des *Quesiti* de Tartaglia que le Marquis del Monte reçoit cette inspiration ; la malveillance de son sens critique à l'égard de l'École de Jordanus ne le garde pas toujours des pires défaillances de cette École.

D'ailleurs, si certains raisonnements touchant la gravité de situation gardaient encore comme un reflet de la grande vérité découverte par Jordanus, ce reflet ne tarde pas à s'effacer complètement dans l'intelligence, éprise de fausse rigueur, de Guido Ubaldo. Ce géomètre en vient à méconnaître (1) la notion même de moment d'un poids par rapport au point de suspension d'un levier : « *Si une puissance soutient, par l'intermédiaire d'un levier*, dit-il, *un poids dont le centre de gravité se trouve sur le levier, la puissance nécessaire pour soutenir le poids demeurera la même, quelque position que le levier fasse prendre au poids.*

» Je dis que la même puissance appliquée soit en K, soit en B, soit en G, (fig. 63) soutiendra toujours le même poids. Car, par rapport au levier AB, le poids se comporte comme s'il était pendu en E ; et, par rapport au levier GF, comme s'il était pendu en L ; et, par rapport au levier HK, comme s'il était pendu en M. »

Lorsque le centre de gravité du poids fixé au levier se trouve hors du levier, la grandeur de la puissance dépend

(1) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, de vecte, Propositio X.

de l'inclinaison du levier suivant une règle qui change de sens selon que le centre de gravité est au-dessus ou au-dessous du levier. Toujours, le poids fixé au levier agit comme s'il était pendu à ce levier au point où se projette son centre de gravité.

Si l'on entend par *puissance* un poids pendu à l'extrémité du levier, la proposition de Guido Ubaldo est exacte, car l'inclinaison du levier diminue dans le même rapport le moment de ce poids et le moment du poids soulevé. Elle devient fausse, au contraire, si la puissance demeure

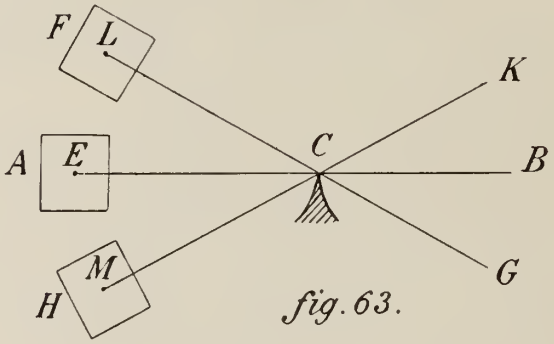


fig. 63.

toujours normale au bras de levier ; tel l'effort exercé par la main du manœuvre. Or tout, dans l'écrit de Guido Ubaldo, semble indiquer que ce géomètre entend le mot *puissance* au second des deux sens.

En effet, si le mot *puissance* avait pour lui le même sens que le mot *poids suspendu*, on ne s'expliquerait pas pourquoi il distingue le levier de la *balance*, fléau rectiligne et sans pesanteur aux extrémités duquel pendent deux poids ; pourquoi, après avoir donné, à la manière d'Archimède, la théorie du second de ces instruments, il croit devoir établir spécialement les lois du premier ; pourquoi, en la déduction qui étend à un levier horizontal les lois de la balance, il prend soin de préciser qu'il substitue à la puissance un poids suspendu de même grandeur

qui, dans ces conditions, lui est sûrement équivalent ; pourquoi, enfin, les figures, qui portent toujours le dessin d'un poids suspendu lorsque Guido Ubaldo raisonne d'un tel poids, marquent seulement le point d'application de la puissance, lorsque c'est de cette notion qu'use la déduction.

Il semble donc qu'en la Mécanique de Guido Ubaldo comme, plus tard, dans les écrits de Descartes, la *puissance* appliquée au levier soit une force perpendiculaire à la direction du bras de levier ; dès lors, sa théorie du levier serait gravement erronée (1).

Remarque piquante ! L'auteur qui professait cette théorie a passé, et passe encore, auprès de bon nombre de mécaniciens, pour l'inventeur de la notion de *moment ;* cette réputation usurpée, il la doit à un passage de la *Mécanique analytique* de Lagrange. Voici ce passage (2).

« ... C'est ce qu'on appelle maintenant le principe des *momens*, en entendant par moment le produit d'une force par le bras de levier sur lequel elle agit ... Ce principe général suffit pour résoudre tous les problèmes de Statique. La considération du treuil l'avait fait apercevoir dès les premiers pas que l'on a faits après Archimède dans la théorie des machines simples, comme on le voit par l'ouvrage du Guide Ubaldi, intitulé *Mecanicorum*

(1) Les géomètres qui ont reproduit la théorie de Guido Ubaldo ont eu soin de la préciser et de la corriger sur ce point. Pierre Herigone (*a*) entend par *puissance* un poids suspendu au bras du levier, ainsi que le montrent les figures dont il fait usage ; les théorèmes de Guido Ubaldo deviennent alors exacts. Plus soigneux encore, Jacques Rohault, dans son traité posthume (*b*), traite séparément le cas où la puissance est représentée par un poids pendant librement et le cas où elle demeure toujours perpendiculaire au bras de levier. Le soin que ces auteurs ont pris de préciser la pensée de Guido Ubaldo montre assez combien celle-ci était incertaine, sinon erronée.

(2) Lagrange, *Mécanique analytique*, 1re partie, Section I, Sur les différents principes de la Statique, art. 4.

(*a*) Pierre Herigone, *Cours de Mathématique*, t. III ; les Méchaniques, Proposition VI. Paris, 1634.

(*b*) *Œuvres posthumes* de M. Rohault (publiées par Clerselier). Traité des Méchaniques, Proposition XI. Paris, 1682.

liber, qui a paru à Pesaro en 1577 ; mais cet auteur n'a pas su l'appliquer au plan incliné, ni aux autres machines qui en dépendent, comme le coin et la vis, dont il n'a donné qu'une théorie peu exacte. »

Rien dans ce que Guido Ubaldo dit du treuil ne justifie cette opinion de Lagrange ; en voici, d'ailleurs, une autre (1), du même auteur, qui n'est pas moins favorable à Guido Ubaldo et qui n'est guère mieux fondée :

« Pour peu qu'on examine les conditions de l'équilibre dans le levier et dans les autres machines, il est facile de reconnaître cette loi, que le poids et la puissance sont toujours en raison inverse des espaces que l'un et l'autre peuvent parcourir en même temps ; cependant, il ne paraît pas que les anciens en aient eu connaissance. Guido Ubaldi est peut-être le premier qui l'ait aperçue dans le levier et dans les poulies mobiles ou moufles. Galilée l'a reconnue ensuite... »

En fait, la loi dont parle ici Lagrange était connue depuis Aristote ; elle était d'un usage banal auprès des géomètres de l'École d'Alexandrie comme auprès des mécaniciens du moyen âge ; Jordanus avait montré comment il convenait de la modifier pour l'appliquer correctement au levier droit ; le Précurseur de Léonard de Vinci en avait tiré la théorie du levier coudé et du plan incliné ; Léonard de Vinci et Cardan en avaient fait l'application aux moufles, aux vis, à une foule de machines ; il eût été bien surprenant que Guido Ubaldo l'ignorât.

Guido Ubaldo connaît donc cette loi, non point sous la forme achevée que lui avaient donnée Jordanus et le Précurseur de Léonard de Vinci, mais sous la forme où la présentaient les *Quæstiones mechanicæ* d'Aristote. D'ailleurs, il se garde bien d'y voir le principe d'où doit découler la Statique tout entière ; il la relègue au rang de remarque ou de corollaire.

(1) Lagrange, *loc. cit.*, art. 16.

Guido Ubaldo, par exemple, établit la loi d'équilibre du levier par des artifices imités d'Archimède ; cette loi une fois connue, il en déduit que la puissance capable de soutenir un poids est à ce poids comme sont entre eux, dans la rotation du levier, les trajets décrits par les extrémités ; il ajoute ce corollaire (1) : « *Il est manifeste par là que le rapport du trajet de la puissance mouvante au trajet du poids mû est plus grand que le rapport du poids à la puissance.* En effet, le trajet de la puissance est au trajet du poids comme le poids est à la puissance qui le soutient ; mais la puissance capable de soutenir le poids est moindre que la puissance capable de le mouvoir ». Le poids agit toujours suivant la verticale, tandis que, pour Guido Ubaldo, la puissance est probablement normale au levier ; le rapport de ces deux forces capables de s'équilibrer change suivant l'inclinaison du levier ; mais Guido Ubaldo, nous l'avons vu, paraît avoir nié ce changement. D'autre part, une saine intelligence des principes de la Mécanique exigerait que l'on comparât au trajet décrit par le point d'application de la puissance non pas le trajet décrit par le point d'application du poids, mais la projection de ce trajet sur la verticale ; Guido Ubaldo ne se soucie point de cette distinction. On voit combien ses idées au sujet du rapport qui existe, en toute machine, entre le travail moteur et le travail résistant sont encore vagues et peu sûres.

Les difficultés qu'offre l'application de cette loi au levier ne se présentent plus lorsqu'il s'agit de poulies ou de moufles qui soulèvent verticalement un poids à l'aide d'une puissance tirant toujours dans une même direction ; là, la puissance est au poids qu'elle équilibre comme le trajet parcouru par le poids est au trajet décrit par la puissance. Guido Ubaldo pourra donc appliquer correcte-

(1) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, de vecte, Propositio III.

ment à ces machines la loi en question (1); mais, pas plus qu'il ne l'a fait pour le levier, il ne la prendra pour principe de leur théorie. Il ramènera l'étude de chaque groupement de poulies à l'analyse d'un certain assemblage de leviers ; puis, une fois établie la condition d'équilibre de la moufle considérée, il déduira de cette condition la remarque qu'entre un poids et la puissance qui le soutient, il y a même rapport qu'entre le chemin parcouru par la puissance et le chemin parcouru par le poids. Fastidieusement, ce corollaire reviendra après l'étude de chaque sorte de moufle. D'ailleurs, comme il faut, selon Guido Ubaldo, une plus grande puissance pour mouvoir un poids que pour le tenir en équilibre, il ajoutera (2) : « Il est manifeste par ce qui précède que le rapport du trajet de la puissance mouvante au trajet du poids est toujours plus grand que le rapport du poids à la puissance mouvante. »

En la Mécanique péripatéticienne, il était naturel de considérer avant toutes choses le rapport des *vitesses* entre la puissance mouvante et le poids mû ; Guido Ubaldo attache surtout son attention au rapport des *trajets* que ces deux forces parcourent en même temps ; bien que les deux rapports soient égaux entre eux, il y a là un changement de point de vue qui mérite d'être signalé ; la Statique de Guido Ubaldo, en effet, a sûrement influé sur Descartes qui, si nettement, a proclamé la nécessité de considérer non point les *vitesses* virtuelles, mais les *déplacements* virtuels.

Ce n'est pas à dire que Guido Ubaldo, dans l'étude des machines, laisse entièrement de côté, comme l'exigera Descartes, la considération des *vitesses* ou des *durées* de transport ; mais cette considération, il la rejette au dernier plan ; c'est, par exemple, tout à fait à la fin de son

(1) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, de trochlea, Propositiones X ad XXVIII.

(2) Id., *ibid.*, de trochlea, Propositio XXVI, Corollarium.

étude des poulies et des moufles qu'il formule la proposition suivante (1) : « Il est manifeste par ce que nous avons dit que plus un poids est mû facilement, plus il faut de temps pour le mouvoir ; que plus il est difficile à mouvoir, plus il est mû rapidement. »

La théorie du treuil (2) est construite sur le même plan que la théorie des assemblages de poulies ; elle se termine par les mêmes comparaisons entre le trajet décrit par la puissance mouvante et le trajet décrit par le poids mû ; entre l'aisance avec laquelle on meut un poids et le temps qu'il faut pour le mouvoir ; ici encore, ces comparaisons sont données comme des corollaires de la condition d'équilibre du treuil, et non comme des principes d'où se puisse tirer cette condition d'équilibre.

Après avoir sommairement ramené (3) l'étude du coin à la théorie du levier, Guido Ubaldo réduit (4) la vis à une combinaison du levier et du plan incliné. Cette réduction est obtenue exactement, mais le marquis del Monte n'en saurait tirer une théorie satisfaisante de la vis, car il s'attache à la loi du plan incliné qu'a formulée Pappus. En effet, l'une des pires conséquences de la réaction immodérée que l'admiration exclusive des anciens provoqua contre la Statique du XIIIe siècle fut le retour à la théorie de Pappus, théorie si essentiellement opposée aux principes de l'École de Jordanus, puisqu'elle attribue à un corps mobile sur un plan horizontal une gravité *secundum situm*, bien que son trajet ne prenne nullement du *direct*. La doctrine de Pappus rentra si bien en faveur auprès des géomètres que Galilée eut peine à la faire de nouveau rejeter et à établir que la moindre force suffit à mouvoir un corps sur un plan horizontal parfaitement poli. La loi

(1) Guidi Ubaldi *Mecanicorum liber*, de trochlea, Propositio XXVIII, Corollarium II.

(2) Id., *ibid.*, de axe in peritrochio.

(3) Id., *ibid.*, de cuneo.

(4) Id., *ibid.*, de cochlea.

du plan incliné formulée par Pappus ne peut donner de la vis qu'une théorie inexacte ; aussi est-ce sans aucune démonstration que Guido Ubaldo énonce ce corollaire : « Il est manifeste par ce qui précède que plus les tours de l'hélice sont nombreux, que plus les manivelles ou bras de cabestan sont longs, plus le poids est mû facilement, mais lentement. »

Œuvre parfois erronée, toujours médiocre, la Mécanique de Guido Ubaldo est souvent en recul sur les idées qu'avaient publiées les écrits de Tartaglia et de Cardan. Il nous fallait cependant l'étudier en détail, car elle eut grande vogue à la fin du XVIe siècle et au commencement du XVIIe siècle ; bien souvent, nous aurons à noter l'influence qu'elle exerça sur les écrits composés à cette époque.

2. *Giovanni Battista Benedetti* (1530-1590)

Giovanni Battista Benedetti n'était point fort modeste ; il avait grande confiance dans l'originalité de son génie. Au début de l'un de ses ouvrages (1), il dit, en s'adressant au lecteur : « Dans ces livres, je n'ai rien publié que j'aie souvenir d'avoir lu ou d'avoir ouï dire. Si j'ai parfois touché à des choses qui n'étaient point miennes, ou bien j'en ai modifié la démonstration en quelque point, ou bien je les ai exposées plus clairement. Que si, par hasard, quelqu'un a publié quoi que ce soit de semblable, c'est que ses productions ne me sont point parvenues ou que j'ai oublié de les avoir lues. » Au premier rang des découvertes dont il se montre fier, il place ses recherches de

(1) Jo. Baptistae Benedicti, patritii Veneti, philosophi, *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber*, quarum seriem sequens pagina indicabit. Ad serenissimum Carolum Emmanuelem Allobrogum et Subalpinorum ducem invictissimum Taurini, apud hæredem Nicolai Bevilaquæ, MDLXXXV.

Mécanique, sur lesquelles il compte pour assurer l'immortalité à son nom (1) : « Atque vel hoc uno modo me inter humanos vixisse testatum reliquerim ».

Il s'en faut, d'ailleurs, que cette fierté fût sans motif légitime ; à peine âgé de vingt-trois ans, Benedetti avait donné une preuve manifeste de son originalité.

Il était communément admis que de deux corps, formés de la même matière, dont l'un avait un volume double de l'autre, celui-là tombait deux fois plus vite que celui-ci. Cette proposition était un axiome de la Physique péripatéticienne. Elle formait le principal objet du fragment *De ponderoso et levi* attribué à Euclide. Jordanus en avait fait le premier théorème de son traité *De ponderibus*. Ses divers commentateurs, aussi bien le Commentateur péripatéticien que le Précurseur de Léonard, avaient soigneusement conservé ce théorème. Léonard de Vinci l'avait formulé à plusieurs reprises et, dans les *Quesiti et Inventioni diverse*, Tartaglia avait reproduit l'exposé si précis qu'en donnait le *De ponderoso et levi*.

C'est contre cette proposition si universellement admise que, dès son premier écrit (2), Benedetti osa s'inscrire en faux. Dans la dédicace de son ouvrage, adressée à Gabriel de Guzman (3), il montrait par un raisonnement très simple que des corps de même substance et de volume différent doivent tomber avec la même vitesse. Ce raisonnement, repris dans le *Diversarum speculationum* (4), devait être reproduit par Galilée dans ses premières

(1) J. B Benedicti *Diversarum speculationum*..... p. 141. De mechanicis.

(2) *De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque ad hoc necessario inventorum una tantummodo circuli data apertura*, per Joannem Baptistam de Benedictis inventa. A la dernière page : Venetiis, apud Bartholomæum Cæsanum, MDLIII.

(3) Ce passage a été reproduit par Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, note XXV, t. III, p. 258.

(4) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... Disputationes de quibusdam placitis Aristotelis, Cap. X, p. 174. — Ce passage est également reproduit par Libri, *loc. cit.*, p. 264.

recherches. La proposition à laquelle il avait conduit Benedetti fut également adoptée par Cardan (1), qui la justifia, d'ailleurs, par de singulières raisons. Plagiées par Jean Taisnier (2), les considérations développées par Benedetti au cours de son premier ouvrage parvinrent ainsi à la connaissance de Stevin ; celui-ci, en collaboration avec Jean Grotius, les soumit au contrôle de l'expérience (3) ; il trouva qu'elles ne s'accordaient pas mieux avec les faits que les principes enseignés par Aristote.

Benedetti pouvait, à bon droit, revendiquer l'originalité de son idée et terminer sa dédicace à Gabriel de Guzman par ces paroles : « Cette vérité ne procède point de l'esprit d'Aristote, ni de l'esprit d'aucun de ses commentateurs dont j'aie eu occasion de voir et de lire les ouvrages, ou dont j'aie pu converser avec ceux qui professent l'opinion de ce philosophe. » Sa doctrine nouvelle le mettait en opposition avec toute la Mécanique péripatéticienne.

Nous ne saurions donc être étonnés de lui voir rejeter la théorie de la balance fondée sur le Principe des vitesses virtuelles ; les lois de cet instrument « ne dépendent (4) aucunement de la rapidité ni de la lenteur du mouvement ».

Mais Benedetti ne se contente pas de rejeter la Statique d'Aristote ; il condamne avec une égale sévérité les doc-

(1) Hieronymi Cardani Mediolanensis, civisque Bononiensis, philosophi, medici et mathematici *Opus novum de proportionibus* ; Basileæ, ex officina Henricpetrina, Anno Salutis MDLXX, Mense Martio. Liber V, Propositio CX, p. 104.

(2) Joannis Taisnierii Hannonii *Opusculum perpetuum memoria dignissimum de natura magnetis et ejus effectibus. Item de motu continuo, demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotelem et alios philosophos ; de motu alio celerrimo hactenus incognito, atque de fluxu et reflexu maris.* Coloniæ Agrippinæ, MDLXII.

(3) Simonis Stevini *Mathematicorum Hypomnematum Statica.* Appendix Statices. Caput II : Res motas impedimentis suis non esse proportionales, p. 151. Lugodini Batavorum, MDCV.

(4) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum...* De mechanicis, Cap. XI, p. 153.

trines de l'École de Jordanus. Deux chapitres (1) de son ouvrage sont consacrés à examiner « diverses erreurs professées par Tartalea touchant le poids des corps et leurs mouvements, erreurs dont quelques-unes ont été empruntées à un vieil auteur nommé Jordanus ».

Benedetti ne se borne pas à repousser les affirmations erronées qu'a produites Jordanus et que Tartaglia a répétées; aucune proposition formulée par ces auteurs ne trouve grâce à ses yeux.

Jordanus, par exemple, a fort exactement montré comment la gravité *secundum situm* d'un point mobile sur une circonférence tracée dans un plan vertical diminuait au fur et à mesure que le point s'éloignait du diamètre horizontal. « Ce qu'il écrit est vrai, déclare Benedetti, mais la cause que Jordanus, d'abord, et Tartalea ensuite ont assignée à cet effet n'est point fondée en nature.

» La huitième proposition de Tartalea, qui est la sixième question de Jordanus, est bien mieux démontrée par Archimède; ni Jordanus, ni Tartalea n'en ont prouvé l'exactitude. » Le raisonnement que Benedetti traite avec un semblable dédain n'est autre que la démonstration si belle et si féconde par laquelle Jordanus de Nemore a justifié la loi d'équilibre du levier.

Le Précurseur de Léonard a montré que la gravité *secundum situm* d'un poids placé sur un plan incliné était la même en tout point de ce plan. Cette proposition pourrait, à bon droit, être réputée évidente. Selon Benedetti « elle est fausse pour deux raisons ».

Cette proposition n'est d'ailleurs, dans l'œuvre du Précurseur de Léonard de Vinci, qu'une sorte de lemme par lequel il prépare sa belle solution du problème du plan incliné. Mais celle-ci ne ravit point les suffrages de notre géomètre pointilleux : « La quinzième question de Tar-

(1) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Cap. VII et Cap. VIII.

talea est la onzième question de Jordanus, dont l'ouvrage a été tiré des ténèbres de l'oubli et publié par Trojanus, l'éditeur de Venise. *Elle ne vaut absolument rien.* »

A quoi se réduira la Statique de Benedetti, après qu'il aura rejeté avec une telle sévérité tout ce qui dépend de la considération des déplacements virtuels? A la règle du levier et à la notion du moment d'un poids par rapport à un point.

« Le poids pendu à l'extrémité d'un fléau de balance, dit-il (1), possède une gravité plus ou moins grande selon la situation qu'il occupe... Le poids ne pourrait descendre par la verticale F*u*M (fig. 64), à moins que le bras FB

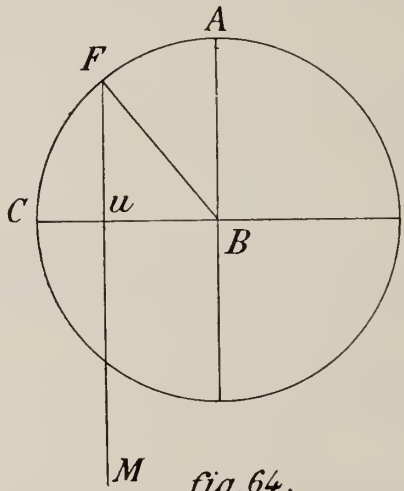


fig. 64.

ne devînt plus court. Il est donc clair que le poids F exerce un certain effort sur le centre B par l'intermédiaire du bras FB... Il nous faut maintenant présupposer que le poids porté par l'extrémité du bras exerce au centre B un effort d'autant plus grand que sa verticale (soit F*u*M) est plus proche du centre..., en sorte que plus le poids F

(1) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Cap. I.

sera voisin de A, plus il se reposera sur le centre et plus il sera léger. »

En dépit des prétentions de Benedetti à l'originalité absolue, nous reconnaissons sans peine le préambule dont nous venons de citer quelques phrases ; il est emprunté à Guido Ubaldo. La suite (1) ne nous est pas moins connue ; le Précurseur de Léonard la pourrait revendiquer :

« Le rapport qu'a la gravité d'un poids placé en C à la gravité du même poids placé en F est égal au rapport du bras BC tout entier à la partie B*u*... Il revient au même que le poids F, égal à C, soit en F, à l'extrémité du bras BF, ou bien en *u*, à l'extrémité du bras horizontal B*u*. Cela nous semblera évident si nous imaginons un fil vertical F*u* à l'extrémité *u* auquel pendrait le poids qui se trouvait en F ; il est clair, que le poids ainsi suspendu produira le même effet que s'il se trouvait en F. »

Cette notion de moment d'un poids par rapport à un point, Benedetti la généralise (2) de suite pour une force quelconque :

« Lorsqu'on voudra comparer les unes aux autres les grandeurs qui mesurent les effets de poids ou de puissances motrices, on déterminera chacune d'elles au moyen de la perpendiculaire abaissée du centre du levier sur la direction de la force. »

Or cet énoncé n'est point, lui non plus, règle nouvelle ; il se trouve, presque textuellement dans les mêmes termes, parmi les notes de Léonard de Vinci (3) ; et les figures que trace le grand peintre ressemblent fort à celles dont Benedetti appuie ses démonstrations.

D'ailleurs, à partir de ce point, nous ne trouverons plus rien en la Statique de Benedetti qui ne reproduise très fidèlement les pensées de Léonard de Vinci.

(1) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Cap. II.
(2) Id., *ibid.*, De mechanicis, Cap. III.
(3) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 50, recto. Cf. Chapitre II.

Ainsi, notre géomètre entreprend de montrer « comment tous les effets des balances et des leviers dépendent des causes susmentionnées ... Imaginons, ajoute-t-il, que les poids soient suspendus aux points u et n (fig. 65),

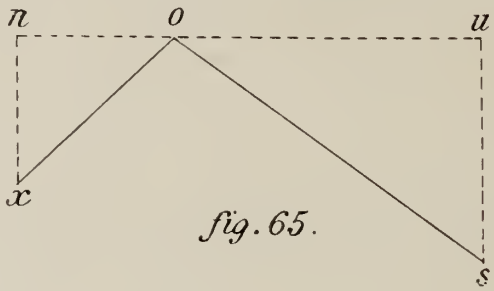


fig. 65.

auxquels ils sont suspendus en réalité, lors même qu'ils sont attachés en s et x, car le point u est lié de telle sorte au point s et le point n au point x, que qui tire l'un tire l'autre. » La règle que justifient ces considérations n'avait-elle pas été déjà tirée par Léonard du manuscrit de son Précurseur (1) ?

La théorie de l'équilibre du levier coudé conduit Benedetti à exposer (2) fort exactement la théorie de la stabilité de la balance : « Soit AB (fig. 66) la balance dans sa position horizontale ; soit E le point de suspension qui se trouve au-dessus de la balance ; abaissons l'extrémité A jusqu'en F, de telle sorte que la balance soit en FH ; son point milieu se trouvera en G du même côté de la verticale VZ que le point B ; VZ coupera le bras FG en un point D ; DH sera donc plus long que FD. Supposons maintenant, ce qui est très exact, qu'il revienne au même pour la balance placée en FH d'être supportée par le point E ou par le point D. Il en résultera que le poids pendu en H surpassera en gravité le poids pendu en F dans le même rapport que DH surpasse DF. Ainsi, lors même que le fléau matériel FH serait supposé sans

(1) Cf. Chapitre VIII, 1 et fig. 39.

(2) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Cap. XII.

aucune gravité, l'excès de la puissance du poids placé en H, puissance qui est beaucoup plus grande que celle du poids placé en F, suffirait à expliquer pourquoi la balance revient à la position horizontale. »

C'est avec raison que Benedetti regarde cette théorie de la stabilité de la balance comme en progrès sur celle qu'avait proposée Aristote ; mais il n'en est point l'inven-

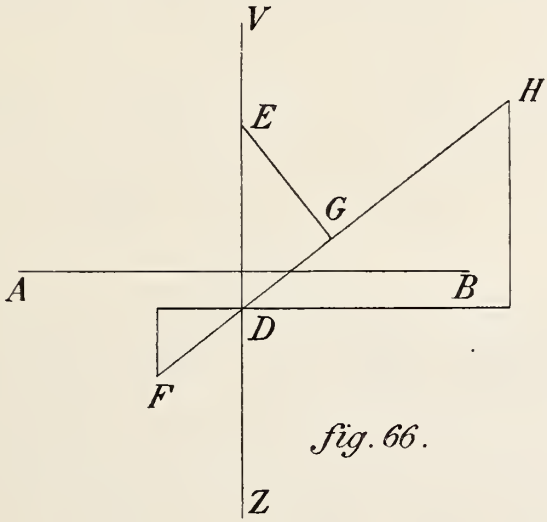


fig. 66.

teur ; Léonard l'a clairement formulée (1) et elle n'était point demeurée inaperçue aux yeux de Cardan (2).

Ces passages ne sont point les seuls où se manifeste l'influence exercée sur les pensées de Benedetti par les notes de Léonard de Vinci.

Benedetti ne traite pas les moufles par le Principe des déplacements virtuels ; comme Guido Ubaldo, il assimile ces appareils à des combinaisons de leviers (3) ; mais

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, verso ; fol. 58, recto ; fol. 59, recto. — Cf. Chapitre VIII, 1.

(2) Cf. Chapitre IX, 2.

(3) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Caput XXI.

tandis que le marquis del Monte raisonne sur des figures qui reproduisent les dispositions habituellement données aux palans, Benedetti se sert de schèmes très simplifiés.

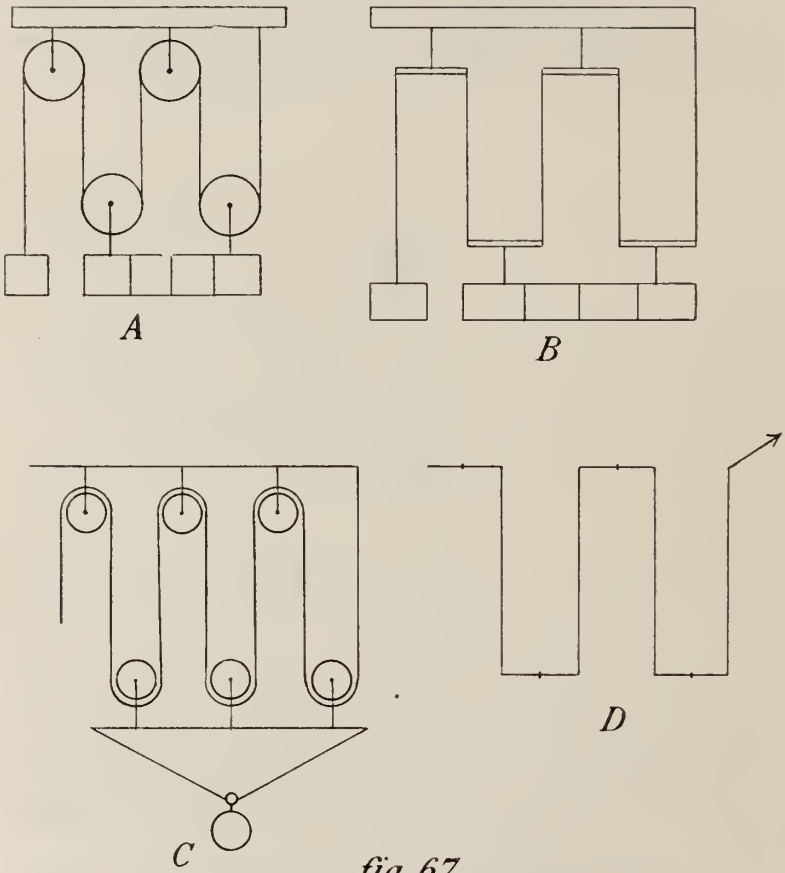


fig. 67.

Or, ces schèmes, il suffit d'y jeter les yeux pour reconnaître des dessins imaginés par Léonard de Vinci (1). En la fig. 67, les dessins A et B sont ceux de Léonard, les dessins C et D ceux de Benedetti.

De Léonard, Benedetti reproduit même les erreurs ;

(1) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 55, recto.

un Chapitre (1), par exemple, est consacré à répéter la règle inexacte de composition des forces à laquelle le grand peintre s'était arrêté, après avoir clairement vu la loi véritable.

En ce Chapitre, Benedetti considère un poids *n* (fig. 68) que soutiennent deux appuis *n o*, *n u*. Si ces deux appuis sont de même obliquité, « il est clair par le sens commun que la vertu du poids *n* se divisera en deux parties égales,

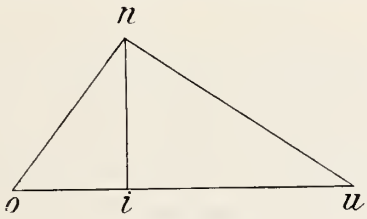


fig. 68.

une moitié reposant en *o* et l'autre moitié en *u*, par l'intermédiaire des deux lignes *n o*, *n u* ». Dans le cas général, « il est clair que si la verticale *n i* est plus éloignée du point d'appui *u* que du point d'appui *o*, une part plus considérable du poids *n* s'appuiera en *o* qu'en *u*. La partie du poids *n* qui presse en *o* sera à la partie du poids *n* qui presse en *u*, non pas dans le rapport des angles *u n i*, *o n i*, mais dans le rapport des longueurs *u i*, *o i*. »

Certaines idées fausses de Léonard de Vinci nous sont donc pieusement conservées par Benedetti ; mais des pensées fécondes qui avaient agité ce grand génie, des belles découvertes faites par son Précurseur que reste-t-il en la Statique de Guido Ubaldo et de Benedetti? Presque rien. Toutes ces vérités, il faudra les découvrir à nouveau. C'est à quoi vont s'employer Galilée, Simon Stevin, Roberval, Descartes et Torricelli.

(A suivre.) P. Duhem.

(1) J. B. Benedicti *Diversarum speculationum*... De mechanicis, Cap. V.

LES PEUPLIERS

au point de vue cultural et pratique

Parmi les végétaux arborescents du sous-embranchement des phanérogames angiospermes, il n'en est pas qui offrent un aussi grand nombre de types : espèces, races, variétés, sous-variétés, que les deux seuls genres de la famille des Salicinées, *Salix* et *Populus*, de l'ordre des apétales amentacées. La plupart des types du genre peuplier, fréquemment dédaigné, mériteraient d'être plus souvent un objet de culture pour constituer de véritables placements de père de famille.

Les peupliers sont généralement peu exigeants sur la nature du terrain, pourvu qu'il ne soit ni trop compact comme serait un sol d'argile pure, ni desséché, mais frais ou humide. A ne considérer que les espèces qui croissent spontanément dans les forêts, dans les terres mouilleuses ou que l'on plante couramment sur le bord des cours d'eau, il ne s'en trouverait guère plus de cinq ou six espèces bien caractérisées dans nos climats tempérés (1). Mais un certain nombre de propriétaires industrieux et de pépiniéristes ont, surtout depuis une trentaine d'années, considérablement étendu le domaine de cette essence, soit en améliorant par la culture et la sélection certains types et les perfectionnant, soit en en introduisant de nouveaux

(1) Cf. la *Flore forestière* de Mathieu, 4e éd. revue par Paul Fliche, son successeur comme professeur à l'École forestière de Nancy.

dans leurs cultures, et l'on peut compter aujourd'hui en Europe environ soixante-dix formes différentes de peupliers.

C'est que, bien que ces arbres donnent des bois de valeur relativement inférieure si on les compare aux bois de chêne, de frêne, de hêtre et autres bois durs, ils compensent cette sorte de péjoration par la rapidité de leur croissance. D'ailleurs ils peuvent fournir certains produits accessoires qui ne sont pas à dédaigner : les jeunes rameaux, coupés vers la fin de l'été avec leurs feuilles et mis à sécher, fournissent au bétail un bon fourrage d'hiver ; le suc balsamique des bourgeons, au printemps, est estimé en médecine ; certaines espèces ont les branches assez flexibles pour pouvoir être employées comme celles de l'Osier *(Salix alba vitellina*, Lin.). Du peuplier baumier, *P. balsamifera*, Lin., on extrait une sorte de résine, du nom de *tacamahaca* ou *baume Focot*, employée comme vulnéraire. Les peupliers ont aussi des propriétés tinctoriales obtenues par l'ébullition du bois dans l'eau avec de la laine ; celle-ci en retire des nuances diverses (jaune vif, vigogne, nankin, noisette, mordoré, etc.) suivant la proportion de bois et de laine et la durée de l'ébullition (1). La sciure même des peupliers trouve divers emplois, notamment : la production d'un gaz pour éclairage et force motrice, appelé gaz de Riché, très économique, dit-on ; agglomérés pour allume-feux ; litière pour le bétail (2).

Mais le produit important et le plus rémunérateur est incontestablement le bois.

On cite un propriétaire qui, ayant loué pour 30 ans une prairie et l'ayant plantée aussitôt en peupliers suffisamment espacés pour ne pas étouffer l'herbe, a obtenu les résultats suivants : la vente des foins et la location du pâturage après le regain, lui ont fourni chaque année son

(1) Cf. le *Nouveau Duhamel*, t. II, p. 178. Dambournay.
(2) *Le Peuplier*, par L. Breton-Bonnard. Paris, Laveur.

prix de location ; à la vingt-sixième année, il a commencé la vente de ses arbres, qu'il a terminée à la trentième. Or le produit total de ces ventes non seulement lui a permis d'acheter la prairie, d'une contenance de 32 hectares, mais encore de se trouver, la propriété payée, à la tête d'une somme représentant un sensible bénéfice de l'opération (1).

Il faut croire que cet industrieux propriétaire avait eu soin, chaque automne, après la chute des feuilles, de faire enlever soigneusement celles-ci au râteau pour en faire soit de la litière, soit de la couverture pour les plantes maraîchères ou de jardin pendant l'hiver ; car ces mêmes feuilles, laissées éparses sur l'herbe tondue ou broutée, répandent en se décomposant isolément sur celle-ci, des sucs tannifères qui la brûlent. Il fallait aussi que le sol de la prairie fût exceptionnellement favorable, pour avoir pu faire face simultanément et à la croissance de l'herbe et à la croissance des peupliers ; on sait en effet que les racines de ces arbres qui tracent fort loin épuisent en grande partie la terre aux dépens des herbages.

Enfin, pour que cet exemple fût tout à fait concluant, il eût fallu nous faire connaître quels avaient été les frais de la plantation, de la fauchaison, chaque année, du foin et du regain, ainsi que du ramassage des feuilles ; quel avait ensuite été le prix de la vente des arbres de 26 à 30 ans et enfin quel était, une fois la propriété achetée et payée, le chiffre de la somme qui restait à l'acquéreur comme bénéfice.

Néanmoins on peut, par cet exemple, si incomplet soit-il, se rendre compte du profit réel que donne la culture du peuplier.

Examinons ce que l'on pourrait obtenir avec cette essence, à la vérité perfectionnée par culture antérieure. Voilà un plant qui, à 5 ans, mesurait 5 mètres du sol aux maîtresses branches, et présentait, à hauteur d'homme

(1) *Le Peuplier*, par L. Breton-Bonnard. Paris, Laveur.

(1 m,33), un diamètre de 8 centimètres. Cinq ans plus tard, à l'âge de 10 ans, le même sujet avait 8 mètres de hauteur, 18 centimètres de diamètre et présentait un volume appréciable de 90 décimètres cubes, d'une valeur de fr. 1,53. Ce n'est pas encore beaucoup. Mais, à 20 ans, notre peuplier atteignait en hauteur 14 mètres, et, en diamètre, 38 centimètres, correspondants à 1 m,20 de circonférence; son volume était de 700 décim^3 et sa valeur de 12 francs. A 30 ans, nous avions une hauteur de 16 mètres, un diamètre de 58 centimètres, un volume de 2 m^3,100 et une valeur-argent de fr. 35,70. Enfin, le même arbre abattu à l'âge de 40 ans, mesurait 20 mètres de hauteur, 78 centimètres de diamètre, 4 m^3,800 en volume, et sa valeur était évaluée à fr. 81,60, le prix moyen du mètre cube étant au cours de 17 francs (1).

Il est vrai qu'il s'agissait d'une des variétés améliorées par la culture et que l'on désigne sous la qualification de *régénérées*. Toute espèce de peuplier ne donnerait pas des chiffres aussi élevés. Mais en réduisant ceux-ci d'un tiers, on aurait encore des résultats satisfaisants. On voit aussi par cet exemple, l'avantage qu'il y a à ne pas exploiter les peupliers trop jeunes : à 40 ans, dans l'exemple cité, ils valent, et comme volume et comme argent, bien plus du double de ce qu'ils valaient à 30 ans.

Il y aurait cependant le fait, très remarquable s'il est authentique, d'un peuplier dont le propriétaire, le baron de Tschudi, aurait tiré, à l'âge de 30 ans « pour cent francs de planches, deux cordes de bois et deux ou trois cents fagots » (2). A supposer la chose exacte, ce ne serait

(1) Cf. Breton-Bonnard, *loc. cit.* — Si l'on suppose les peupliers espacés de 10 mètres pour laisser facilité de croissance au fourrage, on aurait 100 arbres à l'hectare, soit 3200 sur les 32 hectares, lesquels, au prix de fr. 35,70, donneraient une valeur de 114 240 francs. — En admettant un espacement de 5 mètres, si l'on renonce au produit en herbes, ce qui nous donnerait un nombre d'arbres quadruple, on obtiendrait comme prix de vente des arbres 456 960 francs.

(2) *Nouveau Duhamel*, t. II, p. 186.

en tous cas qu'un fait exceptionnel qu'il faudrait bien se garder de prendre pour base ; mais il tend à montrer combien notre essence, placée dans un sol fertile, peut être rémunératrice. Elle l'est même, comme on l'a dit plus haut, dans un sol maigre, pourvu que, sans être trop compact, il soit frais ou humide. Il ne faudrait pas toutefois qu'il s'agît, sans préparation spéciale, d'un terrain marécageux ; mais alors même le peuplier peut être encore d'un grand secours. Pour lui éviter l'humidité stagnante, il faut, en ce cas, creuser des fossés d'écoulement disposés en conformité de la position du terrain ; sur les remblais formant talus et provenant du creusement, on plantera des peupliers qui prospéreront sur un sol suffisamment égoutté tout en restant frais ou légèrement humide. Et si la situation permet d'espacer suffisamment les fossés d'écoulement et les remblais qui les bordent, entre ceux-ci la terre assainie donnera de bons herbages (figures 1 et 2) : les racines des peupliers, enlaçant peu à peu le remblai et la berge adjacente, feront office de drains dont le fossé sera le collecteur.

Enfin sur les sols qui, sans être à proprement parler marécageux, sont cependant imprégnés d'humidité sans écoulement possible, la plantation en butte, système Manteuffel, sera employée avec avantage, dût-on, pour former chaque butte, ouvrir un creux à côté de son emplacement.

Occupons-nous maintenant de la description, au point de vue pratique, des différents types de peuplier avantageusement cultivables, avec mention de ceux qui n'ont qu'un intérêt de collection ou d'agrément.

La *Flore forestière* de Mathieu qui, naturellement, ne s'occupe des arbres qu'au point de vue exclusivement forestier, ne signale que cinq espèces du genre : Blanc, Grisaille, Tremble, Noir (avec le peuplier d'Italie considéré comme sa variété) et Canadien.

Un auteur récent, qui s'est spécialement adonné à la culture de toutes les variétés de l'essence et à la popula-

risation des connaissances qui la concernent (1), les range en quatre groupes dont le quatrième, composé des Peu-

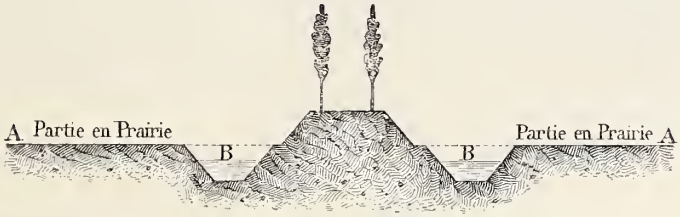


Fig. 1. — Profil en travers d'une plantation de peuplier sur ados ou remblai procurant des fossés d'assainissement.

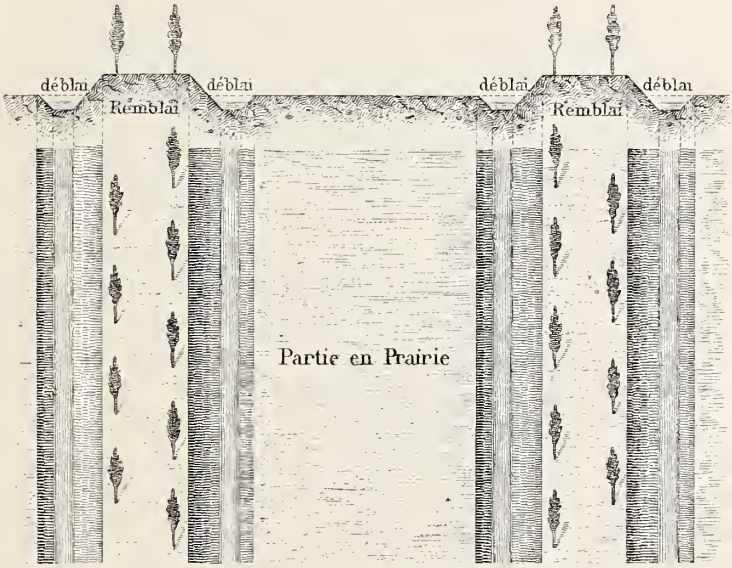


Fig. 2. — Même profil accompagné du profil en long.
(Ces deux figures, comme toutes celles à l'appui du présent article, sont dues à l'obligeance de M. Lucien Laveur, éditeur à Paris).

pliers d'introduction récente ou exotiques et non encore classés, paraît artificiel et quelque peu arbitraire. Nous

(1) M. L. Breton-Bonnard déjà cité, planteur et vice-président de la Fédération des marchands de bois de France, auteur de : *Un arbre utile :* LE PEUPLIER. — Paris, Lucien Laveur, éditeur.

pourrons y glaner quelques indications ; mais nous nous occuperons principalement des peupliers tant indigènes que d'introduction plus ou moins ancienne et qui se rangent assez bien en trois groupes : les peupliers *blancs* à la feuille blanchâtre en dessous, tomenteuse ou glabre : les peupliers *noirs* (pourquoi *noirs* ?), et *les* ou plutôt *le* peuplier *baumier* avec ses cinq ou six variétés.

Commençons par lui.

P. BALSAMIFERA, Lin.

C'est un bel arbre, de première grandeur, atteignant 20 à 24 mètres de hauteur et 1 m,25 à 1 m,50 de diamètre dans les pays où il est indigène, soit au Canada et dans les États du nord de l'Union américaine. Introduit en 1751 en France, où il n'a guère été cultivé que comme arbre d'ornement, il n'y a jamais atteint d'aussi fortes dimensions.

Le Peuplier baumier est facile à reconnaître à la forme de ses feuilles, d'ailleurs variables avec l'âge, mais toujours très allongées et atteignant parfois près de 15 centimètres (fig. 3) ; leur couleur est d'un vert blanc, lustré en dessous et sans duvet, olivâtre à la face supérieure ; elles sont très visqueuses au printemps. Les bourgeons également visqueux sont aigus et allongés, la floraison précoce, les chatons femelles longs et un peu lâches. L'arbre répand autour de lui une odeur balsamique très prononcée, provenant, au printemps, de la sécrétion des feuilles et des bourgeons.

Plus encore que ses congénères, le Peuplier baumier réclame pour prospérer un sol humide et divisé. On lui attribue plusieurs variétés : P. *candicans*, aux rameaux plus gros, plus flexibles, aux feuilles beaucoup plus larges, cordiformes ; P. *viminalis* ou *angustifolia*, aux feuilles longuement lancéolées d'un vert noirâtre à la face

supérieure, blanchâtre en dessous ; P. *laurifolia*, P. *suaveolens* ou *odorant*, deux arbres originaires des monts Altaï, le premier à grandes dimensions, le second plus petit, et quelques autres peu connus encore, d'un intérêt plutôt théorique que pratique.

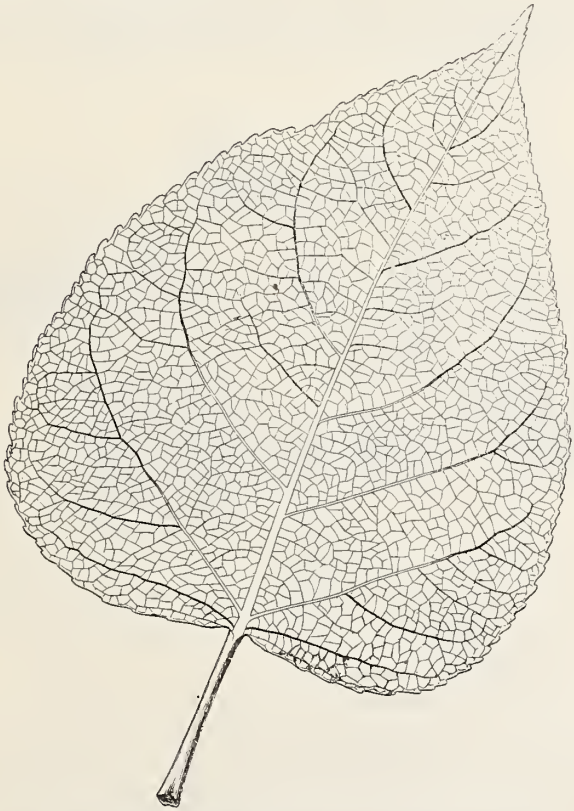


Fig. 3. — Feuille de Peuplier baumier réduite de moitié.

Mais dans les uns et les autres de ces peupliers se retrouvent les propriétés balsamifères qui leur valent leur nom spécifique. C'est de leurs bourgeons et de leurs jeunes feuilles que suinte cette matière glutineuse et jaunâtre qu'on emploie en pharmacie, comme nous le disions plus haut, sous le nom de *tacamahaca* ou *baume Focot*, ayant

une vertu particulière pour la guérison des plaies, et pour calmer l'irritation des nerfs et la goutte. Une infusion dans l'huile de jeunes bourgeons peut, dit-on, remplacer dans une certaine mesure, au printemps, le baume Focot. Quelques variétés, telles que le *Candicans*, le *Viminalis*, ont leurs jeunes rameaux assez flexibles pour pouvoir être employés comme l'osier. Le bois du Baumier, liant, léger, d'une fente difficile, servirait à la batellerie dans les pays où il est indigène.

PEUPLIERS BLANCS

On ne peut compter, dans ce groupe, que trois types nettement caractérisés : le Peuplier blanc proprement dit, *P. alba*, Lin. ; le Peuplier grisaille, *P. canescens*, Smith. ; et le Tremble, *P. tremula*, Lin., à chacun desquels se rattachent plusieurs variétés.

Le premier des trois, appelé communément *Blanc de Hollande* ou *Ypréau*, sans doute parce qu'il est plus abondant en Hollande et en Flandre Occidentale qu'ailleurs, s'est répandu, par plantations suivies de drageonnements, un peu par toute la France. On le rencontre aussi en Corse et en Algérie. Il s'est même propagé jusqu'en Suède et en Angleterre.

Les noms de Peuplier *neigeux* ou *cotonneux*, *d'Abêle*, et parfois de Peuplier *de St-Julien*, lui sont aussi donnés. Ses feuilles, palmatilobées ou sinuodentées sur un pétiole allongé (fig. 4), sont d'un vert foncé et luisant à la face supérieure, tomenteuses et blanches ou gris-pâle au revers. Les bourgeons et les jeunes pousses sont pubescents. Les chatons floraux paraissent avant les feuilles et dès le mois de janvier, les mâles courts et fournis, les femelles grêles, lâches, allongés. C'est, dit Mathieu, « un arbre de grandes dimensions, dont l'écorce est d'abord lisse et unie, gris-blanchâtre ou verdâtre, puis se crevasse en pustules en

forme de losanges » (ou circulaires) qui s'allongent et finissent, en se réunissant, par produire de véritables gerçures.

Peu délicat sur la qualité du terrain, pourvu qu'il ne soit exclusivement ni sableux, ni crayeux, ni argileux, l'Ypréau croît partout ; et, s'il préfère les sols légers et frais des grandes vallées et des plaines, les bords des

Fig. 4. — Rameau feuillé de l'Ypréau ou Blanc de Hollande. *(Populus alba).*

cours d'eau (1), il croît encore dans des lieux relativement secs et sur les hauteurs moyennes. La rapidité de sa croissance est remarquable. Dans des circonstances favorables, ce bel et grand arbre peut atteindre, à l'âge de 40 ans, une hauteur de 33 mètres, avec 1 mètre et plus de diamètre à 4 pieds du sol. Sa longévité étant de plusieurs siècles, il peut parvenir à des dimensions bien plus considérables. Il y avait récemment, aux environs

(1) Mathieu et Fliche, *loc. cit.*

de Troyes, à Saint-Julien, un Blanc de Hollande qui mesurait près de 43 mètres de hauteur et 7m,30 de circonférence (soit 2 m,30 de diamètre) à 1 m,50 du sol ; il était droit et vigoureux ; ses branches avaient à la base

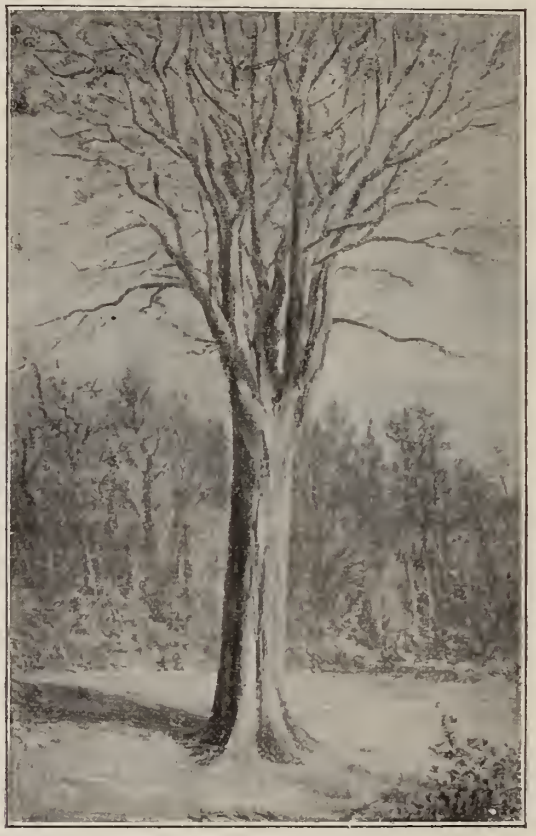


Fig. 4bis. — Le peuplier de Saint-Julien renversé par un orage en 1901.

2 m,90, 3 m,80 et 4 m,50 de tour (fig. 4bis). Malheureusement un violent orage comparable à un cyclone l'a renversé en 1901. On put alors se rendre compte de son âge : il n'avait pas moins de 300 ans (1) !

(1) Mathieu et Fliche, *Flore forestière*; Breton-Bonnard, *Le Peuplier*.

Le bois de l'Ypréau est blanc et mou, mais flexible et ne se fend pas en séchant. Sa couleur, d'un blanc lustré quand il est parfaitement sain, ou légèrement rosé, est assez recherchée en menuiserie. En tant que bois blanc, comme celui de tous ses congénères, le bois de ce peuplier est de première qualité.

On prétend que, sur divers points des Flandres, quand une fille naît à un propriétaire, l'usage serait — ou aurait été — de planter à son intention mille jeunes plants d'Ypréau, lesquels, grâce à leur croissance rapide, constitueraient au bout d'une vingtaine d'années une valeur suffisante pour représenter la dot de la jeune fille.

Parmi les quatre ou cinq variétés du peuplier dit Blanc de Hollande, nous ne citerons que la forme *pyramidalis* dont le nom est regrettable en ce qu'il prête à confusion avec le Peuplier d'Italie, qui est un peuplier noir et qu'on désigne parfois sous cette appellation. Quoi qu'il en soit, le Peuplier blanc pyramidal, originaire du Turkestan, a été introduit en France seulement en 1875, et planté dans le jardin du Muséum. Il marquait en 1896 une hauteur de 15 mètres avec une circonférence de 1 m,20 au pied. L'aspect de l'arbre est élégant, la cime est fusiforme, le feuillage d'un vert intense et luisant à la face, blanc argenté au revers ; la croissance en hauteur n'amène pas le desséchement ou la chute des branches inférieures ; il est ainsi très ornemental. Observé en Syrie, le Blanc pyramidal aurait été reconnu comme d'une rusticité à toute épreuve (1).

Le second type du groupe des peupliers blancs est le Grisard, franc-Picard ou Peuplier *grisaille*, *P. canescens*, Smith. D'après Mathieu il serait selon toute probabilité, bien que fertile, un hybride provenant du croisement de l'Ypréau avec le Tremble. Le fait est qu'il offre des traits de ressemblance accusés avec l'un et avec l'autre.

(1) Cf. Breton-Bonnard, *loc. cit.*

De dimensions et de longévité un peu inférieures à celles du premier, mais supérieures à celles du second, il offre un peu moins de rectitude de tige, un tronc plus craquelé

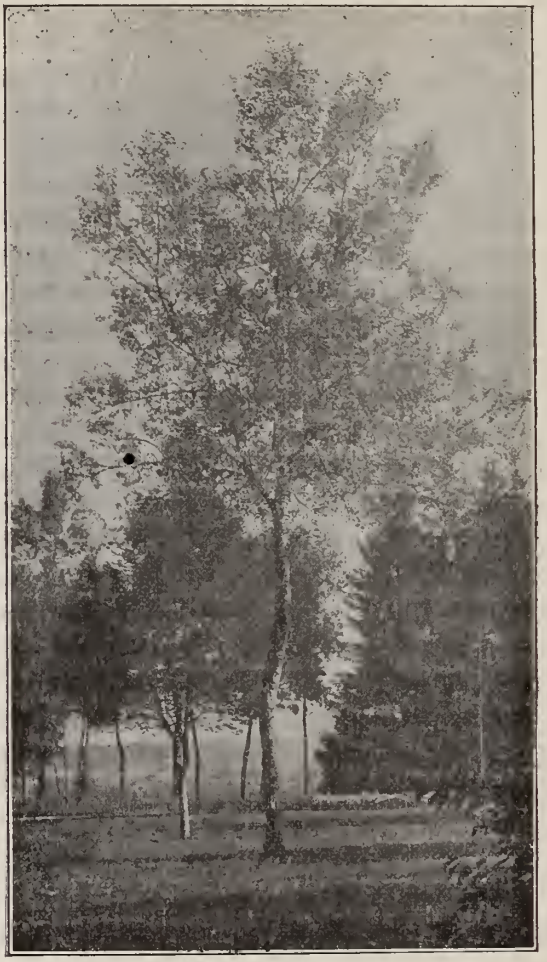


Fig. 5. — Peuplier dit Grisaille *(P. canescens)*.

avec gerçures plus noires (fig. 5). Les feuilles, plus petites que celle du Blanc de Hollande, ne sont jamais palmatilobées : blanches à la naissance, elles ne tardent pas à prendre une teinte d'un vert grisâtre ; de là le nom de

Grisard ou *Grisaille* qu'on a préféré à celui de *Blanchissant* qui eût été la traduction exacte du nom botanique.

Comme qualité du bois, le Peuplier grisaille vaut le Peuplier blanc. Il peut acquérir de belles dimensions, plus voisines de ce dernier que du Tremble. Il drageonne beaucoup et devient rapidement envahissant.

Parmi ses variétés, nommons le Peuplier cotonneux ou neigeux, *P. alba nivea*, plus ornemental que les précédents mais de moindre dimension. Son feuillage tout blanc sur la face supérieure comme sur la face inférieure des feuilles, celles-ci plus petites, à trois lobes sur les jeunes pousses, irrégulières sur le bois fait, lui donnent un aspect des plus gracieux.

Parmi les personnes peu au courant des classifications botaniques, il s'en trouverait plus d'une qu'on étonnerait beaucoup en lui apprenant que le Tremble, *P. tremula*, Lin., est un peuplier ; c'est peut-être le seul peuplier qui soit réellement indigène en France, et, en tout cas, qui y croisse spontanément en forêt (1).

Pour le gros public, en effet, il n'est guère de peuplier que cet arbre allongé, aux rameaux plus ou moins étroitement appliqués contre la tige, dont nous nous occuperons plus loin sous le nom de *Peuplier d'Italie*, et auquel son congénère *tremula*, de forme irrégulière et d'apparence relativement chétive, ne ressemble, comme aspect général, que véritablement fort peu.

Dans des conditions particulièrement favorables, le Tremble peut quelquefois atteindre une hauteur de 30 mètres et un diamètre de 0 m,50, et arriver à une longévité de 70 ans. Mais c'est là une exception. Le plus souvent il ne forme qu'un arbre de deuxième ou même de troisième grandeur et ne vit guère au delà de 50 ans ; il sèche alors sur pied ou se pourrit à l'intérieur. D'ailleurs,

(1) Lorentz et Parade, *Cours de Culture des bois.*

dans les forêts sagement exploitées, on le réserve rarement pour croître au-dessus du taillis. On préfère naturellement des essences de plus de prix et de plus de longévité, d'autant qu'il est très prolifique, tant par les drageons émis par ses racines superficielles et traçantes que par ses graines légères et que le vent transporte au loin.

Son bois très tendre, blanc et chargé d'humidité, prend en séchant beaucoup de retrait. On l'emploie cependant même à la charpente, pourvu que ce soit en lieu sec, dans les pays où manque le sapin. Il peut aussi servir pour conduites d'eau souterraines, parce qu'il résiste très longtemps à la pourriture, surtout dans les sols humides (1). Mais les deux usages pour lesquels il est le plus recherché, sont la fabrication des allumettes et celle de la pâte à papier (2). Comme chauffage il est peu estimé, si ce n'est en tant que bois de boulange. Son charbon peut être employé pour la fabrication de la poudre à tirer (3).

Le nom de cet arbre lui vient de la disposition de ses feuilles qu'agite la moindre brise, le plus léger souffle d'air ; en sorte que, même en temps de grand calme, elles sont toujours plus ou moins agitées, elles *tremblent* constamment.

Il existe à ce sujet une assez jolie légende que je crois d'origine slave.

Quand Judas, bourrelé de remords à la suite de sa lâche trahison, voulut attenter à ses jours, ce fut à une branche de peuplier qu'il se pendit. L'arbre en frissonna d'horreur et se mit à trembler ; il ne cessa plus de trembler depuis lors, et c'est de lui que sont nés tous les sujets du Peuplier qui *tremble*.

L'explication véritable, beaucoup moins poétique mais

(1) Lorentz et Parade, *loc. cit.*
(2) Mathieu et Fliche, *loc. cit.*
(3) Lorentz et Parade, *loc. cit.*

plus rationnelle, est celle-ci : les feuilles ont leur limbe porté sur un pétiole long, grêle et souvent pendant, et qui se trouve aplati perpendiculairement au plan d'insertion du dit limbe. Il en résulte que ces feuilles sont presque toujours en mouvement. Leur forme s'y prête d'ailleurs, le limbe, nonobstant ses bords dentés et son sommet légèrement acuminé, ayant une forme générale assez arrondie.

Les chatons floraux sont pendants et cylindriques, les mâles plus longs portés à l'extrémité des rameaux, les femelles plus denses et de moindre longueur (fig. 6).

Bien que le *P. tremula* se rencontre en Algérie dans les régions montagneuses, sous le 35e parallèle et s'étende jusqu'en Laponie et même aux environs du Cap Nord par 71° de latitude, allant, de l'ouest à l'est, du Portugal jusqu'au Japon ; en France, il ne descend pas beaucoup plus bas que le sud de la Loire où il va en décroissant, et finit par disparaître entièrement dans le midi, si ce n'est dans les Pyrénées et sous forme de simple arbrisseau. Il fait également défaut dans toute l'Espagne méridionale (1).

En somme, le Peuplier tremble est le moins intéressant de tous, au point de vue qui nous occupe ici. La place considérable, souvent gênante, qu'il tient parfois dans les peuplements forestiers ne permettait pas toutefois de le passer sous silence. D'ailleurs il a des variétés ornementales pouvant présenter quelque intérêt. Telles sont : *P. tremula pendula*, Peuplier pleureur ou d'Athènes (Duhamel), aux rameaux pendants, aux feuilles cordiformes d'un vert bleuâtre, arbre de faibles dimensions, dioïque et dont on ne connaît que des sujets femelles ; *P. tremuloïdes* ou Faux-Tremble (Michaux), de deuxième grandeur se distinguant du vrai Tremble par ses feuilles d'un vert foncé à la face supérieure, glauque en dessous, très glabres

(1) Cf. Mathieu et Fliche, *Flore forestière ;* Lorentz et Parade, *Culture des bois ;* Breton-Bonnard, *Le Peuplier.*

Fig 6. — 1. Ramule avec bourgeons et chaton mâle. — 2 et 3. Étamines insérées sur disques bractéiformes. — 4. Chaton femelle. — 5 et 6. Fleur femelle : 5, vue par en bas ; 6, vue de côté. — 7. Fruit fermé. — 9. Fruit ouvert. — 8. Fragment d'un chaton femelle fructifère. — 10. Graine avec son aigrette. — 11. Fragment de rameau feuillé.

sauf parfois une légère pubescence sur les bords ; *P. grandidentata* ou *dentifolia*, Peuplier à grandes dents (Michaux) ainsi nommé à cause de la dentelure très accentuée de ses feuilles, de mêmes dimensions à peu près que le précédent ; et enfin le Tremble pourpre, *P. tremula purpurea*, aux jeunes pousses d'un rouge foncé, passant au vert brun en vieillissant.

PEUPLIERS NOIRS

Le groupe de peupliers compris sous cette dénomination générale est le plus nombreux. On peut en compter une vingtaine, tant espèces que variétés, abstraction faite de certaines formes obtenues par sélection ou amélioration et désignées sous l'épithète de *régénérés*.

A la différence des peupliers blancs qui ont tous la feuille plus au moins tomenteuse et blanche ou gris-clair à la face inférieure, les Peupliers noirs ont leurs feuilles glabres des deux côtés, d'un vert seulement un peu plus clair au revers ; cordiformes ou lancéolées et acuminées. au sommet, elles sont très finement dentées sur les bords.

Le Peuplier noir proprement dit, *P. nigra*, Lin., montre une tige élancée, d'un port assez irrégulier. C'est un arbre de grande longévité, mais qui, dès l'âge de 40 à 50 ans, peut atteindre, dans les sols humides, 20 à 25 mètres de hauteur et 2 mètres de circonférence (0 m,65 de diamètre). Le jardin botanique de Dijon possède un Peuplier noir mesurant 15 mètres de circonférence (soit près de 5 mètres de diamètre) (1) à 4 pieds du sol et 38 mètres de hauteur. Planté en 1550, il a donc aujourd'hui 354 ans (2).

(1) En 1866, ce diamètre était seulement de $2^m,30$ (Cf. REVUE DES EAUX ET FORÊTS, année 1866, p. 152) ; il était de $5^m,85$ en 1896, ce qui donne douze mètres de circonférence (Cf. Mathieu et Fliche, *Flore forestière*, p. 492) ; il se serait donc accru de $1^m,55$ en une trentaine d'années.

(2) Cf. Mathieu et Fliche, *Flore forestière ;* Breton-Bonnard, *Le Peuplier*.

La cime du Peuplier noir est d'ordinaire très fournie mais inégale. Elle comprend de nombreuses branches, étalées, ramifiées, et donnant dans leur ensemble un couvert plus complet que les types précédents. Au printemps, les bourgeons aigus de notre peuplier sécrètent une sorte de résine odorante et balsamique que la pharmacie emploie dans la fabrication de l'onguent *populeum* (1).

Plus que ses congénères, le *P. nigra* exige un sol humide. Dans un sol insuffisamment humecté, à plus forte raison dans un sol sec, il végète mal et n'a pas de longévité. D'autre part, il s'accommode même des terres marécageuses. Le bois en est médiocre : mou, poreux, blanc, veiné de noirâtre au cœur, avec des accroissements épais et assez régulièrement circulaires, il est généralement noueux et se tourmente beaucoup. Néanmoins on l'emploie en menue charpente dans les lieux secs, en layetterie et industries connexes, en sabotage (2). Les jeunes branches et les rejets, très flexibles, s'emploient avec succès, comme l'Osier, pour la vannerie commune ; aussi arrive-t-il quelquefois qu'on l'exploite en têtards, ne lui demandant que cet unique produit. A la différence du Peuplier d'Italie dont il sera question tout à l'heure, le Peuplier noir se plaît à croître en massif serré, ce qui a l'avantage de le débarrasser des branches gourmandes qui l'envahissent dès qu'il est, si peu que ce soit, isolé, et qui produisent tous ces nœuds dont il est coutumier. A l'état de massif dru, il fournit, dit-on, d'excellentes perches. L'écorce contient du tanin en assez grande quantité pour être employée, en Angleterre, au tannage des cuirs, à l'égal de l'écorce de chêne (3).

Le Peuplier d'Italie, *P. fastigiata*, Desf., *P. pyramidalis*, Wesmaël, appelé quelquefois aussi Peuplier turc, Peuplier cyprès, est généralement considéré par les bota-

(1) *Flore forestière.*
(2) *Le Peuplier.*
(3) Revue des Eaux et Forêts.

nistes, et notamment par l'École forestière de Nancy, comme une simple variété du *P. nigra*, de la même façon, par exemple, que le *Quercus fastigiata*, Lam., ou Chêne pyramidal, appelé aussi Chêne cyprès, n'est qu'une simple variété du Chêne pédonculé (1). Et de fait, à part la direction de ses branches droites, serrées et formant avec la tige un angle très aigu, tandis que le Peuplier noir proprement dit a des branches étalées, formant avec le tronc un angle très ouvert, les caractères, feuilles et fleurs, du Pyramidal sont identiques à ceux du Noir. L'auteur de *Un Arbre utile : le Peuplier*, le reconnaît lui-même ; et cependant il fait du *P. fastigiata* une espèce distincte qu'il ne range qu'au septième rang, après le Carolin, le Suisse, le Canadien et d'autres dont nous aurons à parler, mais qui s'éloignent assurément beaucoup plus du *P. nigra* que le *P. pyramidalis*.

Originaire du Caucase et de la Perse, notre peuplier a été introduit de Lombardie en France en 1749 (d'où son nom de Peuplier d'Italie) et planté pour la première fois le long du canal de Briare. Il ne se rencontre guère du reste que sur le bord des canaux, des rivières, des routes où, par la rectitude de sa tige, sa hauteur (car il peut atteindre de 30 à 35 mètres), la régularité et la forme censée pyramidale de sa cime, il forme des rideaux de verdure d'un agréable effet.

Contrairement à l'opinion de M. Breton-Bonnard estimant que, grâce à sa cime étroite et allongée, on peut planter le Peuplier d'Italie en massif serré, il est au contraire d'expérience que ce peuplier réclame beaucoup d'espacement et réussit généralement peu en massif, à moins de conditions exceptionnelles de fertilité du sol. Cela tient à deux motifs : d'abord il « a besoin d'air », comme le reconnaît M. Breton-Bonnard lui-même (p. 70),

(1) Une trentaine de glands recueillis sur des chênes pyramidaux et mis en terre dans le jardin de l'École forestière de Nancy, n'ont donné qu'une douzaine de plants reproduisant le caractère du chêne pyramidal. Tous les autres plants étaient à rameaux étalés (Cf. la *Flore forestière*).

non seulement au sommet de sa cime mais jusqu'à la base ; ensuite, contrairement encore aux indications de l'honorable auteur, ses longues et fortes racines traçantes et quasi-superficielles demandent beaucoup d'espace, en même temps qu'elles sont fort gênantes pour les propriétés voisines qu'elles envahissent facilement.

Le bois est léger, mou, poreux, et ses vaisseaux sont plus gros que ceux de ses congénères, ce qui explique sans doute la facilité plus grande avec laquelle il se laisse injecter par le sulfate de cuivre. Il est d'ailleurs inférieur à celui de la plupart des autres peupliers ; on l'emploie cependant à cause de la grande rectitude de sa tige. Mais cet avantage est compensé en partie par les cannelures très prononcées de la base du tronc qui occasionnent, au débit, un déchet considérable.

Comme tous les arbres de la famille des Salicinées, les peupliers sont dioïques, n'ayant pas les fleurs des deux sexes réunies sur le même pied. Or, le Peuplier d'Italie n'a été répandu jusqu'ici en France que par des sujets mâles et ne s'est propagé que par plançons et boutures, ses fleurs staminées et sans ovaire ne pouvant donner de graines. Il en résulterait chez lui une certaine dégénérescence remontant à une vingtaine d'années, dit M. Breton-Bonnard ; il serait donc utile, pense-t-il, de faire, au moyen de boutures bien choisies sur des sujets bienvenants et vigoureux, « une sélection sérieuse qui rajeunisse l'espèce (1) ». Pour un arbre qui n'a guère qu'une valeur ornementale, est-ce vraiment bien la peine ? D'ailleurs si, là où notre arbre existe dans les propriétés particulières ou sur le bord des cours d'eau, des routes et des étangs, il ne se rencontre que des pieds mâles, il existe quelque part en France des pieds femelles qui permettraient d'obtenir le renouvellement de l'espèce par semis. C'est le jardin de l'École forestière de Nancy qui les possède ; leur introduction y remonte à 35 ou 40 ans (2).

(1) *Le Peuplier*, p. 120.
(2) *La Flore forestière*, édition de 1897, p. 495. Les semis de graines

Le Peuplier de la Caroline, *P. carolinensis vel angulata*, Ait., est un très bel arbre, de croissance des plus rapides, abondamment répandu dans les États de Caroline et de Virginie et le plus grand de tous les arbres du genre, au moins quand il croît dans des terres basses et humides. Il n'est pas rare, à en croire Duhamel, de voir de jeunes Carolins donner dans l'année des rejets de 4 à 5 mètres (1). Réduisons, pour faire la part de l'exagération, ces longueurs de moitié, et nous aurons encore un assez bel exemple d'accroissement. Quant aux feuilles, portées sur de longs pétioles, au limbe cordiforme à nervures saillantes, acuminé au sommet et finement denté sur les bords, elles peuvent atteindre 18 à 20 centimètres de longueur, sur 12 à 15 de largeur au-dessus de la base (fig. 7). Les rameaux et les rejets ont une forme prismatique très allongée et assez caractéristique. Les branches s'insèrent à la tige sous un angle très ouvert, les inférieures horizontales. Le tout forme une cime ample et relativement assez fournie.

Le Peuplier de la Caroline repose sur un enracinement solide ; mais son bois est cassant ; et comme la cime est passablement fournie et l'arbre d'une grande élévation, il est souvent, soit dans ses branches, soit même dans sa tige, brisé par le vent. Sous le climat de Paris, et généralement au nord de la Loire, il est aisément victime de la gelée. Encore que cassant, le bois du Carolin est, en tant que bois blanc, de bonne qualité et comparable aux meilleurs du genre.

M. Breton-Bonnard cite de lui trois variétés dont l'une, *P. robusta*, serait plus vigoureuse encore ; ses rameaux et ses rejets seraient moins anguleux, sa cime moins

recueillies sur des pieds femelles fécondés pourraient bien ne pas produire rien que des peupliers pyramidaux, et donner aussi en nombre égal ou supérieur de simples peupliers noirs. Peu importe, il suffirait de recueillir soigneusement, pour les élever, les plants répondant aux formes et à l'aspect des parents et de rejeter les autres.

(1) Revue des Eaux et Forêts.

fournie et le tronc en arriverait « à une grosseur énorme ». Mais, à la moindre apparence de dépérissement, l'arbre serait plus que les autres sujet aux attaques des insectes.

Ce qu'on appelle Peuplier *de Virginie*, Peuplier *suisse*,

Fig. 7. — Feuille du Peuplier de la Caroline, réduite de moitié.

serait rare en Suisse, peu connu en Virginie, et originaire du Canada ! Aussi le nom de *P. monolifera* qui lui a été attribué par Michaux fils paraît-il préférable (1). Mais

(1) *P. monolifera* veut dire : Peuplier porte-collier (μονόλινον, collier) par allusion à la disposition des chatons sur les sujets femelles, d'ailleurs peu connus.

l'usage a prévalu sur la logique et il est connu surtout sous le nom de *Peuplier suisse*. La *Flore forestière* de Mathieu et Fliche n'en fait, sous ces différents noms, qu'une seule espèce avec le *P. canadensis*.

M. Breton-Bonnard, lui, distingue l'espèce *Monolifera* de l'espèce dite *canadienne* et s'efforce de justifier cette distinction par un tableau en six colonnes où il met en regard toutes les différences d'aspect, d'ensemble et de détail de l'une et de l'autre. Il en résulte une sorte de départ assez sensible pour paraître fournir matière à distinction en deux espèces. Observons toutefois qu'il y aurait, entre le pied mâle et le pied femelle du *P. canadensis*, une différence de vigueur et de dimensions en faveur du pied mâle, qui les aurait fait prendre pour des types différents; ce serait le pied femelle dont on aurait fait le Peuplier de Virginie (1).

Sans entrer dans cette discussion philologique qui nous mènerait beaucoup trop loin, examinons pratiquement ces deux formes.

Le *Monolifera* ou *Virginiania* ou Peuplier suisse est un arbre atteignant 30 mètres et plus de hauteur, à tige très droite, à écorce rugueuse d'un brun rougeâtre, à rameaux peu anguleux, à feuilles assez semblables à celles du *P. nigra*. Plus que d'autres il réclame un sol humide et profond et craint la réverbération des rochers ou des murs (2). Sa feuille diffère peu de celle du Peuplier noir. La qualité de son bois est comparable à celle du Blanc de Hollande, mais avec plus de rectitude de tige.

L'origine du *Monolifera* est inconnue. Michaux fils déclare ne l'avoir jamais rencontré en Amérique, au moins à l'état spontané. C'est en Suisse et en Italie qu'il est le plus anciennement connu, mais sans en être indigène (3).

Il existerait aux environs de Rouen, d'après M. Breton-

(1) Cf. *La Flore forestière*.
(2) Breton-Bonnard, *Le Peuplier*.
(3) *Ibid.*

Bonnard, un peuplier pouvant se rattacher comme variété au monolifère et qui y serait connu sous le nom de *P. imperialis*. Ce peuplier, abondant dans la contrée, atteindrait « d'énormes dimensions », croîtrait avec une grande rapidité et s'élèverait en une tige d'une rectitude parfaite.

Le Peuplier du Canada, *P. canadensis*, dit Mathieu, l'une des plus belles espèces du genre, est d'une végétation extraordinairement rapide et longtemps soutenue (1). Cet auteur ajoute que l'arbre est remarquable par sa hauteur et par la forme cylindrique et régulière de son fût (fig. 8). Sa feuille, un peu plus grande que celle du Peuplier noir, est sensiblement la même que celle du monolifère, sauf une teinte un peu moins sombre. Sa floraison serait plus hâtive de 15 jours à un mois que celle de ce dernier. Les chatons mâles du Canadien sont sessiles, épais, très fournis, à nombreuses anthères pourpres; les chatons femelles, longs, grêles, lâches, à ovaires globuleux. Le bourgeonnement se manifeste aux premiers effluves du printemps, à la différence du monolifère dont les bourgeons ne paraissent que sous l'influence d'une chaleur assez forte (2).

Le tempérament de notre arbre passe pour très rustique. Il se soutiendrait même dans les sols secs et compacts. Mais, dans un sol frais et léger, il s'élance avec une extrême rapidité, donnant chaque année une pousse de la longueur de 1 m,25 en moyenne, avec un diamètre de 0 m,035 environ (3).

Le bois, blanc ou légèrement rosé au cœur, léger, tendre, homogène, n'est pas, comme le *P. nigra*, rempli de nœuds, il en est même entièrement exempt. Aussi est-il très recherché pour la menuiserie, la layetterie, etc.

(1) *Flore forestière*. Il peut atteindre 40 mètres de hauteur et 5 mètres de circonférence (REVUE DES EAUX ET FORÊTS).

(2) *Ibid.*

(3) *Ibid.*

On l'emploie même pour la menue charpente. Il est considéré comme le meilleur des peupliers noirs.

Du sud-est du Canada jusqu'au pied des Montagnes

Fig. 8. — Peuplier du Canada.
Arbre « ancien » au milieu de « baliveaux » de même essence.

Rocheuses, à l'ouest, et du nord au sud jusqu'à la Caroline méridionale, le *P. canadensis* se rencontre sur les rives des lacs, sur le bord des rivières et des routes, et dans les prairies des vallées.

En somme, les différences entre les deux peupliers monolifère et canadien ne paraissent pas essentiellement spécifiques et peuvent résulter, à l'origine, des différences de climat et de conditions de végétation. Les uns attribuent une végétation plus riche et des dimensions plus fortes au canadien qu'au monolifère, et les autres réciproquement : ce pourrait être, en tout cas, deux races distinctes et fixées d'une même espèce originaire. Aussi n'existe-t-il pas d'empêchement à accorder au *P. canadensis* les seize variétés que lui attribue M. Breton-Bonnard. Il est vrai que, parmi celles-ci, se trouvent des formes, obtenues par la sélection et les soins horticoles, sous la dénomination de *Peuplier régénéré* ou *amélioré* et celle, manifestement impropre, de *Peuplier eucalyptus*.

Un *P. lævigata* (1), donné pour une espèce légitime, comme différant du canadien par une ramure moins abondante, un tronc non rugueux, une écorce plus blanche sur les ramilles, des dimensions un peu moindres, tout en croissant plus vite en diamètre ne doit être en réalité qu'une variété du *P. canadensis*.

Les qualifications de *Régénéré* et d'*Eucalyptus* ne doivent pas être considérées comme dénominations spécifiques, car elles s'appliquent sans distinction à plusieurs variétés différentes.

Un propriétaire agronome de la Sarthe, M. Sarcé, de Pontvillain, est parvenu, par un système à lui de sélections habiles et prolongées de différents peupliers, notamment d'un certain *P. rubra*, hybride probable, très peu répandu et arbre femelle, et du *P. serotina* ou tardif, arbre mâle, à obtenir des sujets très hauts, très élevés, droits, de croissance très rapide, dont il a vendu des plants en quantités considérables tant en France qu'à l'étranger et qu'il a eu l'idée bizarre et peu heureuse de

(1) Ainsi nommé à cause de son écorce lisse et unie, même sur les vieux sujets.

qualifier d'*eucalyptus*, comme s'il y avait le moindre rapport entre la famille des salicinées et celle des myrtacées à laquelle appartiennent les arbres du genre Eucalyptus (1). Il est regrettable que la modestie exagérée du créateur de ces formes nouvelles et fort intéressantes, l'ait empêché de les désigner par son propre nom.

La création de M. Sarcé est relativement récente. Mais, bien longtemps avant lui et dès 1814, l'idée d'améliorer les peupliers par voie de sélection avait été mise à exécution; et si, depuis vingt-cinq ou trente ans, nombre de pépiniéristes ont repris cette idée et l'ont appliquée en grand, ils n'ont fait que suivre, sur une plus vaste échelle, des errements suivis avant eux, et ont ainsi vulgarisé la culture des peupliers dits *régénérés*. Par la sélection en terres fertiles, ils obtiennent des sujets donnant des pousses annuelles d'une longueur inusitée et réalisent ainsi des arbres de superbes dimensions. Mais reproduits toujours par marcottes ou boutures, ces arbres ne forment jamais de variétés nouvelles; en sorte que, si par négligence ou autres causes la sélection est interrompue, l'amélioration obtenue, la soi-disant *régénération* disparaît et les arbres rentrent bientôt dans le type primitif. C'est ainsi qu'un Régénéré, obtenu par un pépiniériste d'Amiens, M. Caron-Figuet, et qui, dénommé *Peuplier à gros pied*, s'accroissait rapidement en diamètre sans dépasser la hauteur de 25 à 28 mètres, mais qui résistait aux vents, aux intempéries et *n'était pas attaqué par les insectes*, a fini par disparaître. Il avait été obtenu sur un canadien ou un métis. Il serait facile d'ailleurs d'arriver à le reconstituer.

Le meilleur des Régénérés actuellement existants serait,

(1) On pourra objecter que l'on donne bien le qualificatif de *Cyprès* au chêne et au peuplier à forme pyramidale. Mais de ce qu'un abus existe quelque part, il ne suit pas qu'il faille l'imiter ailleurs. Ensuite cette appellation, dans ces deux cas, est peu usitée, celle de *pyramidal* pour le chêne et le peuplier, *d'Italie* pour celui-ci, étant très généralement préférée, tandis que les peupliers de M. Sarcé sont désignés exclusivement sous leur appellation défectueuse.

d'après M. Breton-Bonnard, un peuplier de la vallée de l'Ourcq appelé aussi Peuplier de Meaux (fig. 9). Il a fourni des produits en bois très importants qui se sont vendus à raison de 40 à 50 francs le mètre cube, prix considérable pour des bois blancs.

C'étaient des fûts de fort diamètre, droits, parfaitement sains et sans nœuds, provenant de sujets de 30 à 32 ans. En moyenne, ces arbres revenaient à 56 francs pièce (1).

Tout propriétaire, pourvu qu'il possède un domaine contenant un cours d'eau ou des terres fraîches et fertiles ou seulement humides peut, avec n'importe quel peuplier, mais de préférence avec les meilleures espèces, obtenir du peuplier régénéré. C'est affaire de sélection soigneuse et constante.

Nous avons passé en revue les principales formes du Peuplier qui offrent véritablement un intérêt pratique. Il en existe un grand nombre d'autres, soit exotiques ou d'introduction récente qui n'ont guère qu'une valeur théorique et pour les amateurs de ces collections vivantes appelées *Arboretums*, ou comme but décoratif. Nous en citerons seulement quelques-uns.

Tels le *P. ontariensis*, petit arbre de 10 à 12 mètres, originaire des bords de l'Ontario, aux feuilles longues et larges, d'un vert vif et foncé avec nervures jaunes, de végétation vigoureuse et rapide, insensible au froid ; — le *P. heterophylla*, Lin., originaire de l'Amérique septentrionale, appelé aussi *Peuplier argenté*, à cause de ses feuilles blanches et cotonneuses au revers, d'ailleurs finement dentées, cordiformes, arbre droit, de 20 à 22 mètres d'élévation, à l'écorce d'un beau vert clair et lisse dans la jeunesse ; — le *Peuplier de la Vistule*, arbre trapu, robuste, de végétation vigoureuse et rapide, croissant spontanément et en grande abondance aux environs de Varsovie ; — le *Peuplier liard* ou *à feuilles ver-*

(1) Breton-Bonnard, *Le Peuplier*.

Fig. 9. — Exemple de peuplier amélioré par sélection et dit *Régénéré*.

nissées, sans doute une variété du Baumier, arbre de 8 à 10 mètres, aux feuilles oblongues et allongées, blanchâtres à la face inférieure, aux bourgeons enduits d'une résine jaune et odorante, d'un bois très tendre.

Les peupliers, comme tous les végétaux de la famille des salicinées, se propagent aisément par marcottes et surtout par boutures. D'ailleurs, un certain nombre de nos arbres n'ayant été introduits que d'un seul sexe, tous étant dioïques, ne peuvent se reproduire par semis (à moins de croisement, ce qui n'est pas toujours heureux), en sorte que si l'on tient à reproduire sans altération et multiplier un type donné, la seule ressource est le bouturage, et, dans certains cas, le marcottage. On peut du reste, et ce procédé est souvent préférable, cultiver d'abord les boutures en pépinière dans un terrain convenablement choisi jusqu'à ce qu'elles soient bien enracinées, pour les planter ensuite à demeure avec toutes chances de succès.

Les peupliers, en général, comme la plupart des arbres, du reste, redoutent, bien que recherchant l'humidité, les terres imprégnées d'eau stagnante. Il a été sommairement indiqué, aux premières pages de cette étude, comment on peut néanmoins accommoder nos arbres à de tels terrains, soit par drainage à ciel ouvert quand le sol offre une pente suffisante, soit par la plantation en butte, système Manteuffel. Pour les détails de ces opérations, la culture en grand, la formation des pépinières, les soins à donner aux jeunes arbres, l'émondage pour leur maintenir une cime régulière, l'ablation des branches mal placées ou brisées, nous ne pouvons que renvoyer à l'un des auteurs qui nous ont guidé dans ce travail, M. Breton-Bonnard. Son livre, *Un Arbre utile : le Peuplier*, nonobstant quelques points de détail que nous avons pu contester, est excellent et précieux à ce point de vue.

Après avoir essayé de faire ressortir les avantages notoires que peut procurer la culture entendue des diverses

espèces ou variétés de peuplier, il est nécessaire, pour ne pas induire le lecteur en erreur, d'en signaler aussi les inconvénients.

Ils sont de deux sortes : les maladies, soit naturelles ou accidentelles, soit parasitaires, et les dégâts causés par les animaux, principalement par de nombreuses espèces d'insectes.

Les maladies naturelles peuvent résulter des perturbations atmosphériques, coups de soleil, coups de froid, gelées tardives du printemps, accidents traumatiques résultant de chocs violents d'où peuvent résulter des chancres, des infiltrations d'eau dans l'intérieur du tissu ligneux, ou encore la pourriture sèche. Cette dernière ne s'observe guère que chez le Tremble, le Blanc de Hollande et le Peuplier d'Italie.

Les plantes parasites sont aussi un élément de dégénérescence pour les peupliers. Le gui est une des plus funestes. Quant au lierre, dont l'œil aime la verdure ornementale et mélancolique, il doit être sévèrement proscrit d'une plantation de rapport : en pénétrant dans la cime, il étoufferait les branches et ne tarderait pas à atteindre la pousse terminale elle-même.

Les peupliers ont affaire aussi à tout un ordre d'ennemis ; nous voulons parler des insectes : scolytes, saperdes, cérambyx, lucanes-cerfs-volants, melolontha (hanneton), lymexilons (lime-bois), bostryches et bien d'autres coléoptères, plus nombre de chenilles et leurs papillons, principalement des bombyx, cossus, sphinx, rynchites, sésies, phalènes, etc. s'attaquant les uns au bois, les autres aux feuilles ou aux racines, plusieurs aux feuilles et au bois tout ensemble.

On comprend que nous ne saurions entrer dans la description de tous ces insectes et de leur mode d'action sur les arbres dont ils vivent ; ce serait donner à cet article des proportions excessives. Ajoutons seulement que nos peupliers ont, dans le règne animal, d'autres ennemis encore. Le rat d'eau, par exemple, creuse des galeries

souterraines au voisinage des cours d'eau et ronge les racines qu'il rencontre. On éloigne, paraît-il, cet animal, en enduisant le pied et le collet de chaque arbre avec du dégras d'huile de poisson. Le lapin, encore qu'il se tienne de préférence dans les terrains secs, s'attaque parfois aussi aux peupliers, comme à toute espèce de bois, d'ailleurs, dont il ronge l'écorce et fait ainsi périr l'arbre. Par contre, les arbres attaqués par les insectes trouvent un auxiliaire (bien loin d'un ennemi, comme quelques-uns le supposent) dans le Pivert ou Pic-vert, *Picus viridis*. Il est vrai que le Pic creuse avec son bec des trous dans les arbres ; mais il n'agit ainsi que dans les parties déjà pourries ou vermoulues du tronc et qui sont d'ordinaire le repère des insectes. Il frappe la tige avec son bec pour en chasser ceux-ci dans la direction opposée où il va ensuite les chercher. Les *trous de pic* dans les arbres sont la conséquence de la détérioration antérieure du bois, et non le fait de ce grimpeur.

Il resterait à dire quelques mots de l'exploitabilité des plantations de peupliers. Elle offre ce point de contact avec l'exploitabilité d'une forêt de futaie pleine, que, comme pour celle-ci, elle doit être réglée d'après l'âge présumé du *plus grand accroissement moyen*, c'est-à-dire un âge tel que, soit qu'on le devance, soit qu'on le dépasse, il y a perte ou du moins diminution de profit. Nous avons vu, dès les premières pages de ce travail, que des peupliers dans des conditions données, reproduisant à 30 ans 2 m^3,100 décim^3 par arbre, d'une valeur de fr. 35,70, fournissaient dix ans plus tard 4 m^3,800 décim^3, d'une valeur de fr. 81,60. Il est clair que, dans ce cas, il y aurait tout avantage à exploiter à 40 ans seulement au lieu de 30. Mais il est probable que, passé cet âge, l'accroissement annuel diminuerait dans une proportion assez forte pour que la moyenne de tous les accroissements précédents diminuât elle-même, et qu'ainsi il y eût perte à retarder l'exploitation au delà de quarante ans.

Cet âge du plus grand accroissement moyen de nos peupliers variera évidemment avec l'espèce, comme avec le climat, la nature du sol, l'exposition, etc. C'est affaire d'appréciation d'après l'aspect de la végétation. On peut se rendre compte, en tout cas, qu'un arbre ne croît plus, quand la *flèche* ou pousse terminale de la cime ne s'allonge plus, quand les grosses branches s'étalent davantage, quand les rameaux se dessèchent à leur extrémité. En cet état, il peut même se faire que le plus ou moins grand accroissement moyen soit dépassé depuis plusieurs années. S'il s'agissait d'une plantation importante, on pourrait se rendre un compte exact et précis de l'état de l'accroissement, en sacrifiant quelques arbres à la base desquels, après abatage, on examinerait les largeurs des couches ligneuses annuelles : en les comptant sur un rayon de plusieurs longueurs successives et prenant la moyenne des largeurs correspondant à chaque longueur, on saisirait sans difficulté si l'arbre est en production croissante, maxima ou décroissante.

D'autre part si par suite d'orage, de coups de vent, de fortes gelées ou d'autres accidents, une proportion notable de sujets disséminés à travers une plantation étaient brisés, affectés de roulure ou de gélivure, ou plus ou moins ravagés par les insectes, il ne faudrait pas hésiter à l'abattre quand bien même le plus grand accroissement ne serait pas atteint, sauf à remplacer les arbres abattus par une plantation nouvelle. Mais surtout c'est une erreur fort préjudiciable de conserver sur pied des arbres ayant dépassé leur maximum d'accroissement. Ils ne peuvent, en vieillissant, que perdre de leur valeur ; tandis que, s'ils sont abattus en temps utile et remplacés par une plantation nouvelle, les jeunes sujets gagneront tout ce qu'auraient perdu les vieux arbres maintenus sur pied étant hors d'âge.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur l'exploitation, l'estimation, le mode de vente des peupliers plantés et

cultivés dans ce but. Il en a été donné du moins les indications principales. On en trouvera le développement traité sous un aspect spécialement pratique dans l'ouvrage de M. Breton-Bonnard fréquemment cité dans le cours de cette rapide étude.

Il nous a paru qu'il y aurait intérêt à signaler aux propriétaires terriens une catégorie d'arbres à croissance rapide, précieux pour la mise en rapport des terres humides comme les rives des cours d'eau et des étangs, et qui, pour des hommes jeunes ou encore dans la force de l'âge, peut servir à constituer un placement d'avenir. Si l'on veut bien se reporter aux exemples proposés aux pages 475 et 477 *ad notam*, sur le produit obtenu ou possible d'une plantation de peupliers au bout de trente ans, on verra facilement qu'une opération de ce genre peut constituer une sorte d'assurance sur la vie autant et plus avantageuse que l'assurance offerte par les compagnies à ce destinées. Il est vrai que le terrain ainsi emplanté n'aura pas donné de revenu pendant une trentaine d'années (1) et aura nécessité quelques frais de soins et d'entretien ; mais tout cela correspond à la prime annuelle à verser à la compagnie d'assurance. Enfin, si l'auteur et propriétaire de la plantation vient à mourir avant le terme fixé pour l'exploitabilité des peupliers, le capital ainsi engagé reviendra tout entier à ses enfants s'il est père de famille, en tout cas à ses héritiers.

D'ailleurs, si l'on met en dehors le Tremble, le Peuplier d'Italie ou pyramidal et les espèces purement ornementales, on peut dire que tous les autres peupliers sont de nature à donner des produits largement rémunérateurs au propriétaire qui saura les suivre et les diriger avec prudence et sagacité.

C. DE KIRWAN.

(1) Souvent, d'ailleurs, il s'agit de terrains improductifs par excès d'humidité et que quelques fossés ou ereux d'assainissement judicieusement ouverts peuvent rendre parfaitement appropriés à la végétation des peupliers.

LE CHAUFFAGE AU PÉTROLE EN MARINE

De même que l'emploi de la vapeur d'eau ne donne, dans les machines, qu'un rendement peu satisfaisant, puisque l'on utilise d'une façon effective en travail rendu qu'un dizième environ de la force engendrée dans les chaudières, de même, dans les foyers, l'on brûle inutilement plus de combustible qu'il est théoriquement nécessaire. Une nouvelle découverte, dite du cycle fermé, va, paraît-il, nous permettre d'économiser sous peu 65 % de la chaleur perdue en supprimant les condenseurs et en renvoyant aux pistons, après l'avoir suffisamment réchauffée, la vapeur sortant du dernier cylindre, dit à basse pression. Il n'en est pas moins vrai que la vapeur d'eau sera sans doute remplacée un jour, peut-être prochain, par des vapeurs donnant un meilleur rendement calorique et cinématique. N'avons-nous pas déjà, dans les automobiles, les gaz détonants, formés par un mélange d'air et de vapeur de benzine, gazoline ou alcool ? Le moment ne semble pas encore venu d'adopter ce système pour les machines à grandes puissances telles que celles des paquebots dernier modèle où l'emploi des huiles et essences de pétrole, tout aussi bien que celui de l'alcool, présenterait de trop grands dangers.

Si donc il ne nous est pas encore permis de nous servir de ces produits industriels pour augmenter le rendement effectif des machines, nous pouvons déjà, fort heureusement, profiter des découvertes récentes pour améliorer nos combustibles, leur faire produire une plus grande somme

de calorique, sous un moindre volume, et par suite augmenter le rayon d'action de nos steamers tout en réduisant les dépenses. Le combustible le meilleur que nous connaissions, celui qui paraît devoir l'emporter sur tous les autres et auquel appartient sans doute l'avenir, est le pétrole. A ce mot beaucoup de gens prudents, frappés par la lecture des journaux dans lesquels ils apprennent, presque chaque jour, un nouvel incendie, un terrible accident dû à cette huile minérale, qui pourtant déplace de plus en plus les huiles végétales dans les usages domestiques ; beaucoup de gens, dis-je, vont aussitôt crier à l'imprudence et nous juger comme une sorte de pétroleur, espèce dangereuse s'il en fut. Qu'ils se rassurent : nous ne voulons pas parler ici du pétrole que l'on brûle dans les lampes, d'où son nom de pétrole lampant, aujourd'hui remplacé par quantité d'autres noms divers tels que oriflamme, stelline, etc., etc., appliqués par les industriels et les commerçants aux différents produits de la distillation du naphte, aussi appelé huile de schiste naturelle ou pétrole brut. Ce n'est même pas de ce dernier produit que nous voulons parler, car son emploi serait impraticable dans les chaufferies d'un navire, ou même dans les foyers d'une usine, à cause des gaz naturels qu'il contient et qui le rendent si dangereux par la température trop basse de leur point d'inflammation. Le combustible par excellence est l'huile lourde de pétrole, qui est au pétrole lampant ce qu'est le goudron de houille au gaz d'éclairage, c'est-à-dire le résidu de l'évaporation ou de la distillation des naphtes naturels, soit à l'air libre, soit en vase clos : suivant le cas, ce résidu porte les noms russes de *mazout* ou *astaki*, ce qui veut dire résidu.

Le meilleur de ces produits est celui que l'on obtient par la distillation du naphte en vases clos, parce qu'il possède une composition plus régulière. Celui résultant de l'évaporation à l'air libre, dans les lacs ou flaques, à côté des puits jaillissants, peut contenir encore trop de benzine,

d'où point d'inflammation trop bas s'il est insuffisamment évaporé. Si par contre il est resté trop longtemps à l'air, il sera trop visqueux et pas assez inflammable. On lui rend alors les gaz qui lui manquent en y ajoutant du pétrole lampant, aussi appelé kérosène, mais alors le point d'ignition s'abaisse à nouveau souvent jusqu'à 70° à 80° C. et le mazout ainsi traité devient dangereux pour notre objet. Il en est de même des goudrons ou huiles lourdes, résidus de la distillation industrielle, qu'on veut rendre plus combustibles par l'addition de kérosène, ce qui se fait très souvent, à Bakou par exemple.

Le naphte brut de Bakou donne à la distillation environ 35 % de kérosène, 60 % de mazout et 5 % de déchets. Quant au mazout, sa densité varie de 0,90 à 0,92 ou de 0,934 à 0,955 suivant qu'il provient de Bakou ou du Kouban. Les points d'inflammation de ces mêmes produits vont de 100° C. à 110° C., tandis que ceux du pétrole lampant vont de 27° à 56° C. ; en moyenne 40° C. (1).

Le pouvoir calorifique du pétrole étant bien supérieur à celui du charbon, on songea de bonne heure à l'utiliser comme combustible. Il y a déjà de nombreuses années que M. Sainte-Claire Deville proposa de chauffer les machines avec du pétrole lampant que l'on faisait couler sur une grille à barreaux creux. Mais la combustion se faisait mal et les gaz produits rendaient le procédé trop dangereux. Les Russes songèrent les premiers à utiliser les résidus de la distillation du naphte qui s'accumulaient en immenses quantités autour des usines de Bakou. Ils les employèrent tout d'abord dans les fourneaux mêmes des distilleries aménagés *ad hoc*. Les résultats furent si satisfaisants qu'on utilisa bientôt le mazout sur les locomotives, dans les chaufferies des bateaux à vapeur de la Caspienne et du Volga et dans les usines de distillation de Bakou tout particulièrement.

(1) Les huiles du Texas renferment plus de paraffine et leur point d'inflammation est plus bas.

Une compagnie de navigation anglaise *The Shell transport and trading C°* (1), ayant de bonne heure construit des vapeurs à citernes, pour le transport en masse des pétroles lampants, ne tarda guère à transformer les chaufferies de quelques-uns pour utiliser le combustible liquide. Ses ingénieurs étudièrent les meilleurs appareils à brûler le mazout et c'est à eux que l'on doit les études les plus approfondies sur ce sujet. Pour encourager ce mouvement, essentiellement pratique et commercial, la Cie Samuel a commencé la création de dépôts importants de mazout dans tous les grands ports qui s'échelonnent sur la route de Hambourg à Yokohama (2). L'année dernière il n'y en avait pas moins de 8000 tonnes à Alexandrie et 12 000 à Suez. C'est qu'en effet de grandes compagnies de navigation ont suivi le mouvement et transformé quelques-uns de leurs cargo-boats ou même de leurs paquebots pour utiliser le nouveau combustible. Nous avons eu l'occasion de visiter à Constantinople, il y a quelques mois, le superbe paquebot roumain *Carol Regel I*, récemment construit en Angleterre et qui fait le service rapide entre Constantza (l'ancien Kustendgé) et la capitale de la Turquie. La compagnie allemande du *Norddeutscher Lloyd* l'a adopté pour l'un de ses paquebots, le *Tanglin*, qui a fait comme essai le long voyage de Singapore à Sydney par le détroit de Torrès (1901). Le mécanicien en chef du *Tanglin* adressa à sa Compagnie un rapport dans lequel il se prononce très favorablement sur les résultats obtenus par le nouveau système de chauffage et il en préconise l'emploi sur les grands paquebots.

Le vapeur en question construit en 1900 à Belfast pour

(1) Ainsi appelée parce que les fondateurs, MM. Samuel et Cie, ayant fait leur fortune dans le commerce des coquilles à nacre, ont donné à la majorité de leurs trente-six vapeurs des noms de coquilles.

(2) Au mois de février 1902, elle nous communiquait leur liste comme suit : Hambourg, Londres, Alexandrie, Suez, Kurrachée, Bombay, Colombo, Madras, Singapore, Batavia, Balek pappam, Palembang, Saïgon, Hong-Kong, Shanghaï, Kobé et Yokohama.

le compte du *Norddeutscher Lloyd* a été spécialement aménagé pour le chauffage à l'huile et aussi pour la chauffe au charbon. Il se rendit d'Europe à Singapore en se servant de houille. De Singapore à Sydney, par le détroit de Torrès, il utilisa uniquement l'huile dite de Bornéo, pour couvrir les 5500 milles qui séparent ces deux ports. Il avait à bord 350 tonnes d'huile (ses soutes à charbon ne pouvaient contenir que 300 tonnes de houille) et consomma 13 tonnes d'huile par jour pour une vitesse de 11 nœuds 1/2, c'est-à-dire un nœud de plus que s'il s'était servi de houille.

On constata une économie très sensible de main-d'œuvre, un seul homme ayant suffi pour alimenter les trois foyers, alors qu'il en avait fallu employer cinq pour entretenir les feux au charbon. On nota que le nettoyage des tubes et des foyers était inutile, la combustion de l'huile n'ayant presque pas donné de fumée. Or on sait que ce nettoyage est un des grands inconvénients de la chauffe au charbon. On ne remarqua aucune odeur désagréable sur le navire et, bien qu'on ait maintenu la pression au maximum, la chaleur dans la machine et dans la chaufferie était insignifiante. La tonne d'huile rendue à Singapore revenait à 30 schellings ; le charbon en aurait alors coûté 25, mais il y a lieu de remarquer que la consommation n'a été que de 13 tonnes d'huile par vingt-quatre heures, alors qu'il aurait fallu brûler 18 tonnes de charbon anglais ou 20 tonnes de charbon japonais. L'embarquement des 350 tonnes d'huile, pompée à bord, s'est effectué en 3/4 d'heure ; l'embarquement du charbon eût exigé 17 heures, avec un nombreux personnel de coolies chinois, tandis qu'il suffit de 2 ou 3 hommes pour surveiller les pompes et les réservoirs. Donc économie de combustible et économie de main-d'œuvre (1).

(1) MONITEUR OFFICIEL DU COMMERCE, 19 décembre 1901. Rapport du Consul de France à Brême.

C'est sans doute du même paquebot qu'il s'agit dans le Rapport commercial du Consul général de France à Hambourg traduisant un article du HAMBURGER FREMDENBLATT (1). On y dit que le nouveau paquebot de la Hamburg-Amerika-Linie, *Ferd. Lereiz*, vient de rentrer à Hambourg après avoir accompli son premier voyage d'Extrême-Orient. Pourvu de chaudières pouvant se chauffer indifféremment au charbon ou à l'huile, il a fait la traversée de Suez à Hambourg en chauffant avec de l'huile minérale de Bornéo embarquée à Suez. L'installation spéciale établie pour ce mode de chauffage diffère absolument de celles connues jusqu'à présent, étant donné que la pulvérisation de l'huile ne s'obtient pas au moyen de l'action directe de la vapeur, mais par ce fait que l'huile sous faible pression, après avoir été échauffée au préalable dans des tuyaux *ad hoc*, est projetée dans les foyers au moyen de machines spéciales de pulvérisation. Les appareils brûleurs sortent de chez MM. Körting, frères, de Körtingdorf, près Hanovre. Ils se sont parfaitement comportés pendant toute l'épreuve, même pendant les très mauvais temps que le bâtiment eut à supporter dans l'Océan et la Mer du Nord.

Dans le système Körting, la vapeur n'est pas employée directement dans les brûleurs, pour obtenir la pulvérisation de l'huile et sa projection dans le fond des fourneaux, ce qui entraîne, dans les procédés qui l'emploient de cette façon, une perte de 3 à 5 % de vapeur, s'échappant par les cheminées, soit en eau douce un poids à peu près égal à celui de l'huile. Cette dépense de vapeur, qui dans certaines installations atteignait jusqu'à 20 % et plus de la production des chaudières, représentait une perte sèche, puisque la dite vapeur ne pouvait faire retour au condenseur. Elle nécessitait encore un approvisionnement d'eau aussi important que celui du combustible liquide. Prenant

(1) MONITEUR OFFICIEL DU COMMERCE, 28 novembre 1901.

sur les cales à marchandises, cela diminuait d'autant la capacité commerciale du navire et par suite les économies réalisées par la substitution de l'huile au charbon, en tant que diminution de main-d'œuvre ou utilisation économique du combustible, sans parler des autres économies que nous étudierons plus loin. L'utilisation de la vapeur d'eau à la pulvérisation diminue donc très sensiblement les avantages de la chauffe au combustible liquide. Le système Körting semble avoir triomphé de ce grave inconvénient. Sa grande supériorité consiste en effet en ce que la pulvérisation d'huile, absolument nécessaire pour sa combustion parfaite, s'obtient mécaniquement. La vapeur n'est employée que pour actionner les pompes de compression d'huile et pour réchauffer celle-ci à une température assez élevée avant son arrivée au brûleur. Elle retourne ensuite au condenseur sans autres pertes que celles bien insignifiantes qui peuvent se produire çà et là sur son parcours entre les chaudières et le condenseur. La combustion est, dit-on, un peu moins parfaite qu'avec l'entraînement par la vapeur ; par contre, la production de celle-ci dans ce but est réduite à un minimum tel que l'on n'a plus à se préoccuper de grosses réserves d'eau. En outre ces nouveaux appareils allemands arrivent, sans produire aucune fumée, à vaporiser, par kilogramme de combustible, 20 à 25 °/₀ d'eau de plus qu'avec les anciens systèmes à jets de vapeur. Il y a donc une économie très sérieuse réalisée par leur emploi et cette invention ne peut manquer d'attirer l'attention des armateurs et même de la marine de guerre, étant données l'importance extrême qu'acquiert la question de l'approvisionnement en combustible et les dimensions énormes qu'il faut donner aux soutes à charbon sur les navires de guerre comme sur les paquebots à grande vitesse. Ne savons-nous pas que sur les derniers types de l'Atlantique nord, comme le *Kaiser Wilhelm der zweite*, on ne brûle pas moins de 650 à 700 tonnes de charbon par jour et qu'on a dû donner aux

soutes une contenance totale de 5600 tonnes pour assurer le service entre Hambourg et New-York ?

En France, nos compagnies de navigation ne suivent qu'avec une timidité extrême le mouvement qui se dessine en Angleterre, en Allemagne, en Autriche, voire même en Amérique. Comme toujours, on manque d'initiative et, par un excès de prudence, on attend que les étrangers aient réussi pour les imiter et cela afin d'éviter des écoles toujours coûteuses. En voulant marcher à coup sûr on s'épargne, il est vrai, certains déboires inévitables dans toute entreprise commerciale, mais on perd aussi le bénéfice d'un procédé qui ne reste économique qu'autant qu'on est dans les premiers à l'utiliser. On a donné quelquefois à cette abstention par trop prudente des excuses ridicules. Nous serions tributaires de l'étranger, répondit-on un jour à quelqu'un qui poussait à l'adoption du chauffage au mazout sur quelque cargo-boat d'une compagnie desservant la Mer Noire. On oubliait que tous les vapeurs français brûlent plus de Cardiff que de charbons français. Aussi avons-nous appris avec plaisir, par les journaux du 6 septembre 1903, qu'une compagnie récemment fondée à Marseille, l'*Est asiatique français*, venait de procéder sur son vapeur *Cambodge*, sorti depuis peu des ateliers de Provence de Port-de-Bouc, à des essais au mazout. La compagnie à laquelle appartient ce vapeur semble satisfaite des expériences et décidée à faire transformer tous les navires de sa flotte pour n'utiliser que ce combustible. Les foyers de chauffe du *Cambodge*, qui jauge 5600 tonneaux, sont placés entre les soutes bâbord. Ils ne dégagent ni odeur, ni fumée incommodantes. Ils réalisent de très appréciables économies de place et de combustible. Pendant les essais, le vapeur a pu marcher tout le temps à la vitesse normale de neuf à douze nœuds. Telle est la note reproduite par le Petit Journal. Elle nous a été confirmée de vive voix par l'un des principaux administrateurs de la compagnie, qui paraissait très satisfait du résultat et

parlait de faire appliquer immédiatement le système sur deux autres vapeurs. Reste à savoir ce que cela donnera dans une campagne en Extrême-Orient.

Ainsi qu'on devait s'y attendre de la part de gens aussi actifs et aussi intelligents que les Américains du Nord, la question de la chauffe au pétrole les intéresse au plus haut point. On l'étudie de tous côtés aux États-Unis et le résultat de ces travaux est tel que l'on ne compte pas moins de 3000 brevets déjà pris pour des appareils destinés à brûler les résidus de pétrole. On en présente tous les jours de nouveaux, environ trente-trois par semaine en moyenne. On voit qu'on n'a que l'embarras du choix. La vieille Angleterre ne paraît pas vouloir se laisser distancer par ses jeunes cousins et, s'il faut en croire le journal spécial l'ENGINEER du 14 novembre 1902, rien n'a été fait de l'autre côté de l'Atlantique qui n'ait été également bien étudié ou réalisé dans le Royaume-Uni sur les navires de la ligne des *Shell* par les ingénieurs-mécaniciens Holden et Henwood. On n'est pas encore arrivé à la perfection, mais l'Angleterre prétend être restée à la tête du mouvement en ce qui concerne l'art d'utiliser au mieux le combustible liquide. Nous verrons un peu plus loin ce qu'elle a réalisé à bord du dernier vapeur construit par MM. Samuel & C°, les propriétaires de la ligne en question.

Examinons en attendant le résultat obtenu par l'*Oceanic Steam Ship C°* à San Francisco. Nous en trouvons le résumé dans le SCIENTIFIC AMERICAN du 7 février 1903. Il s'agit du *Mariposa*, vapeur de cette compagnie qui, ayant à renouveler sa machine et ses chaudières, usées par un long service, fut installé pour la chauffe au pétrole dans les chantiers de Risdon à San Francisco.

Le *Mariposa*, construit par Cramps en 1883, mesure 320 pieds de longueur et jauge 3158 tonneaux. Il est muni de deux chaudières doubles et d'une chaudière simple, type cylindrique. Sa machine est à triple expan-

sion, les diamètres des trois cylindres étant respectivement 29, 47 et 78 pouces. On disposa en avant de la chaufferie six réservoirs à huile, trois de chaque bord, avec deux réservoirs à clarifier l'huile par dépôt *(settling tanks)*. Ces huit réservoirs peuvent contenir ensemble 6338 barils d'huile, soit 35 588 pieds cubes de combustible liquide. Les deux réservoirs de dépôt contiennent chacun 175 barils. Tous sont munis d'une chambre d'expansion permettant au mazout de se dilater par la chaleur sans déborder. Des ventilateurs sont disposés au-dessus. Leur pavillon, atteignant bien au-dessus du pont supérieur, est muni d'une fine toile métallique pour parer au danger de l'inflammation des gaz qui pourraient provenir de résidus mal distillés. Les settling tanks sont destinés à débarrasser le combustible liquide de la plus grande partie de l'eau qu'il renferme, souvent dans une proportion pouvant atteindre 3 à 4 pour cent. Comme il faut compter, en moyenne, sept jours pour obtenir une séparation encore incomplète, par la seule gravité, on a inventé en Angleterre des appareils spéciaux pour avoir une précipitation plus rapide. Nous en avons trouvé une description dans un autre journal anglais technique (1). A bord du *Mariposa*, on semble se contenter de la séparation par le repos dans les réservoirs, car on ne mentionne aucun appareil *ad hoc*. Celui qui est proposé par l'ingénieur anglais Edwin L. Orde consiste à ne prendre l'huile que dans les couches supérieures du réservoir, au moyen d'un tube flotteur. Autour de l'ouverture en trémie de celui-ci, un serpentin à vapeur entretient une assez forte température pour activer la séparation mécanique de l'eau et de l'huile, en faisant jouer la différence de densité des deux liquides. Cela est très important, car, quand l'eau arrive aux brûleurs avec l'huile, elle diminue considérablement la

(1) ENGINEERING, 1st August 1902. *Liquid fuel for steam-ships*, by Edwin Orde.

température de combustion de celle-ci. Elle peut même amener l'extinction complète des feux, quand la quantité d'eau contenue dans l'huile est par trop considérable. Lorsque l'huile a été suffisamment déshydratée, par le repos ou par le procédé décrit ci-dessus, elle est conduite au moyen de pompes à vapeur spéciales, système Weir, dans une caisse fermée où l'air comprimé à la partie supérieure, par le jeu des pompes foulantes, atteint une pression de 30 à 40 livres au pouce carré. Un régulateur différentiel y entretient automatiquement la pression d'après celle des chaudières. Un autre appareil dit régulateur réchauffeur a pour mission de réchauffer l'huile et l'air du réservoir à 140° Fahrenheit. L'huile y est remplacée au fur et à mesure de la consommation au moyen d'un petit cheval (pompe à vapeur) dont la valve est manœuvrée par un flotteur. Elle y est amenée de deux caisses alimentaires ayant chacune assez de combustible liquide pour douze heures de marche. L'air du réservoir est ensuite amené à la température de 300° F., en lui faisant parcourir des tubes traversant la partie antérieure des foyers. Il arrive alors au contact avec l'huile dans les brûleurs qui sont du type Sucker et Grundell. Le réchauffement de l'huile a pour but de la rendre plus fluide et d'empêcher qu'elle obstrue les brûleurs, ce qui arrivait assez fréquemment, surtout par les temps froids, sa viscosité devenant alors excessive. Il est donc de toute nécessité d'avoir une petite chaudière donnant la vapeur nécessaire au fonctionnement des divers appareils et chauffant au charbon.

Les six compartiments étanches servant à l'emmagasinage de l'huile sont séparés du reste du bâtiment par un cofferdam vide. De plus, pour empêcher un déplacement trop brusque de l'huile dans les réservoirs, ceux-ci sont munis intérieurement de cloisons discontinues. Comme nous l'avons déjà dit, un compartiment supérieur est laissé vide pour permettre la dilatation.

Dans les foyers des chaudières, les grilles ont été supprimées et l'autel ordinaire a été remplacé par un mur d'une seule rangée de briques. Les portes des fourneaux ont été percées de trois trous pour recevoir les tuyères ou becs brûleurs.

Ainsi équipé le *Mariposa* fit son premier voyage de San Francisco à Tahiti et retour, couvrant en tout une distance de 6763 milles marins. Voici les résultats qui furent obtenus. La puissance en chevaux développés fut 2272,75 en y comprenant 120 chevaux pour les machines auxiliaires. La consommation moyenne d'huile par jour fut de 226 barils, soit 32,28 tonnes. La consommation horaire fut de 3013 livres. Celle par cheval de puissance, y compris les pompes de refoulement, atteignit une moyenne de 1325 livres. L'air libre employé fut de 732 pieds cubes par minute. La surface totale de chauffe des deux chaudières doubles est de 8302 pieds et le rapport entre la surface de chauffe et la livre d'huile brûlée de 2,76. La température de l'huile, de 90 à 100° F. dans les réservoirs, passait à 140° F. dans les réchauffeurs. Celle de l'air à la partie antérieure des fourneaux était de 300° F. et, dans les cheminées, elle atteignait 550 à 600° F.

L'économie réalisée, par comparaison avec la chauffe au charbon, en plus du coût inférieur de l'huile, consistait surtout dans la diminution de la main-d'œuvre. Car les machines étant neuves et n'ayant jamais chauffé au charbon, on ne put établir exactement l'économie réalisée par la substitution de l'huile à la houille. Cependant le chef mécanicien estime que l'huile au prix de 65 cents de dollar par baril franco à bord représentait l'équivalent du charbon à trois dollars la tonne. Comme on n'emploie que six chauffeurs à 50 $ et 12 soutiers à 40 $ par mois, l'économie totale se chiffrait de ce fait à 780 $ de gages par mois.

Le rapport fait encore remarquer que l'odeur du pétrole était inappréciable dans tout le navire, ce qui prouve com-

bien sont exagérées les craintes de certaines personnes à ce sujet. Nous avons pu le constater également nous-même à bord du *Regel Carol I.* L'absence de suie et de fumée ajouta grandement au confort des passagers. Nous pourrions noter en passant qu'il y aurait une économie sensible à réaliser de ce fait à bord des paquebots faisant le service d'Extrême-Orient, de l'Amérique du Sud et en général des mers chaudes, où les tentes, très coûteuses, qui recouvrent toute la surface du pont supérieur, sont rapidement détruites par les escarbilles qui s'échappent de la cheminée et nécessitent de plus un balayage continuel du pont. Or, en réglant soigneusement l'arrivée de l'air dans les brûleurs on arrive à supprimer si bien toute formation de fumée qu'un morceau de craie placé dans la cheminée ne s'y ternit même pas, ainsi qu'en témoigne le rapport de l'ingénieur anglais Edwin Orde cité par l'ENGINEERING du 1er août 1902.

Aucune apparence de gaz délétères ne fut remarquée dans la chaufferie.

Au retour, les hommes étant mieux instruits, on gagna un jour entier sur la durée prévue du voyage et les résultats de l'expérience furent meilleurs qu'à l'aller, bien que la consommation de l'huile ait été moindre. On n'employa plus que six hommes dans la chaufferie : deux à chaque quart ; un seul suffit pour veiller aux brûleurs.

La chauffe au pétrole a été étudiée à l'envi par les ingénieurs des marines de guerre en Angleterre, Italie, France, Allemagne et Hollande, depuis plusieurs années déjà et nous avons sous les yeux un excellent rapport fait par M. Laubeuf, ingénieur en chef de la marine française (1), sur le chauffage des chaudières au naphte en Russie en 1898. En conséquence on a adopté l'usage du combustible liquide sur les navires de guerre de la plupart de ces pays,

(1) *Le Chauffage des chaudières au naphte en Russie*, par M. Laubeuf; dans BULLETIN DE L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME, vol. XIII, 1902, pp. 95 à 148. Étude faite en 1898.

mais seulement en combinaison avec la chauffe au charbon. D'après le MARINE ENGINEER du 1er février 1903, la marine hollandaise a organisé quatre navires à vapeur pour la chauffe au pétrole. La compagnie du *Norddeutscher Lloyd* en a deux et l'on peut compter que 50 à 60 navires de commerce anglais, américains et hollandais s'en servent aujourd'hui. L'on parle d'une douzaine au moins en construction qui seront outillés pour brûler du mazout. En conséquence, on recherche ce combustible un peu partout dans le monde et les puits pétrolifères de Russie, de Bornéo, de Birmanie, du Texas, de Californie, etc. sont mis à contribution. La compagnie Samuel augmente chaque jour le nombre de ses vapeurs transporteurs et leur tonnage. Elle constitue dans tous les grands ports de relâche du monde de vastes dépôts, de façon à assurer le ravitaillement des vapeurs, toujours plus nombreux, qui se décident à employer le nouveau combustible.

Au commencement de l'année dernière, Sir Marcus Samuel, le président, disait aux actionnaires que la flotte des trente vapeurs de la *Shell transport and trading Company* représentait un tonnage de près de 120 000 tonnes. Ses 31 dépôts dans les ports du monde, de l'Égypte au Japon et à l'Australie, contenaient 220 000 tonnes d'huile et 26 000 tonnes y seraient ajoutées sous peu. En plus, 320 petits dépôts secondaires ont été créés. Mais il s'agit là évidemment de pétrole lampant et nous ne savons pas quelle est la quantité de mazout que l'on peut trouver dans ces dépôts, bien que la Cie Samuel nous ait affirmé qu'il s'en trouvait actuellement une quantité suffisante, dans la plupart des grands ports du monde, pour fournir les navires outillés pour ce combustible. Elle s'en sert elle-même sur une partie de ses vapeurs. Les derniers construits sont tous munis de chaufferies au mazout et l'on commence à modifier les anciennes chaudières de façon à utiliser au mieux ce nouveau mode de chauffage. Le dernier cargo-boat transporteur de pétrole, lancé en

juillet dernier pour le compte de la *Shell transport and trading C°*, le *Pectan*, est le plus grand vapeur à citernes actuellement à flot. Il n'a pas moins de 483 pieds de longueur sur 55 de largeur maxima et 34,10 de profondeur. La machine et la chaufferie sont placées à l'arrière. A proximité se trouvent les soutes à mazout. Des compartiments étanches, que l'on peut remplir d'eau, les séparent de la machine et des chaufferies, ainsi que des réservoirs à pétrole au nombre de dix-huit et servent à empêcher les infiltrations d'huile combustible dans les chaufferies où elles ont, sur certains navires mal défendus, causé des incendies terribles. En dehors du transport des huiles minérales, les citernes à huile et à eau peuvent servir pour le transport en vrac de marchandises diverses. A cet effet l'on chasse des citernes toute l'huile qui peut y rester en les remplissant d'eau de mer par le moyen de pompes à vapeur. Une fois vidées, on les sèche par un courant d'air qu'on y amène à l'aide de puissants ventilateurs centrifuges. Quelquefois on y descend des foyers de charbon qui enlèvent les derniers gaz et sèchent aussi les parois. Un badigeonnage à la chaux achève de rendre les citernes parfaitement propres. On peut alors y loger en vrac des cargaisons de grains, de fruits ou de marchandises aussi délicates que le riz, le café ou le thé, car on n'y constate plus la moindre odeur. De temps en temps l'on fait marcher les ventilateurs, de façon à éviter tout échauffement de la marchandise. L'on peut amener ainsi à travers la mer Rouge les denrées les plus délicates sans fermentation aucune et débarquer en Europe les produits de l'Inde ou de la Chine dans un état de fraicheur absolue ; conditions irréalisables à bord des navires ordinaires où les eaux de cale, les condensations sur les tôles, causent fréquemment une détérioration sensible des produits transportés ; sans parler des avaries qu'ils subissent par le fait de la fermentation dans des cales par trop fermées ou par suite des attaques des rats et des insectes rongeurs,

qui infestent trop souvent les navires. Sur les pétroliers il n'existe aucune de ces causes de destruction et le commerce réalise une économie considérable par la disparition des emballages, de la perte d'arrimage due à ceux-ci et par la manutention, très simplifiée grâce à l'emploi des élévateurs et autres appareils. Aussi les expéditeurs comme les réceptionnaires recherchent-ils aujourd'hui les pétroliers rentrant en Europe, ce qui donne à ceux-ci un fret de retour assuré et rémunérateur.

Pour éviter encore toutes chances d'incendie le *Pectan* est, comme les autres pétroliers, éclairé à la lumière électrique et les logements sont chauffés à la vapeur. Les chaudières, au nombre de six, sont munies de fourneaux, pouvant brûler soit du charbon soit du mazout, du système de MM. Flannery-Boyd, les brûleurs à huile sont de la maison Eales et Rusden. Ils travaillent par injection de vapeur. La vitesse du *Pectan* aux essais a été de 11 nœuds. Nous n'avons malheureusement aucune donnée sur la consommation en eau douce. Au total, dans ses 18 réservoirs à huile, ce navire peut emmagasiner 9433 tonnes de combustible ou d'huile lampante. Les water-ballasts sous la machine et la chaufferie, ainsi que ceux de l'avant et de l'arrière, peuvent contenir 1221 tonnes d'eau. La contenance des soutes à mazout, pour le chauffage de la machine, n'est pas indiquée; mais, d'après le plan, elles ne paraissent pas devoir contenir moins de 600 tonnes de combustible. L'insubmersibilité du navire est assurée, en cas d'abordage ou d'échouage, par treize cloisons étanches transversales, une longitudinale de l'avant à l'arrière et des water-ballasts formant double fond à l'avant et à l'arrière. Trois compartiments d'isolement, dits cofferdams, pouvant servir aussi pour loger des marchandises, séparent les réservoirs d'huile lampante, partagés en deux groupes, des logements de l'avant et de la machinerie à l'arrière. De puissantes pompes rotatives permettent de vider tous les réservoirs à huile ou à eau

en peu d'heures et sans autre dépense de main-d'œuvre que celle fournie par quelques hommes de l'équipage pour la surveillance des appareils.

Résumons maintenant les avantages aujourd'hui acquis par l'emploi du combustible liquide sur les bâtiments à vapeur de commerce.

Premièrement, facilité de la conduite et de la surveillance de la chauffe. Le personnel de la chaufferie peut être réduit à quelques hommes, un seul suffisant pour surveiller toutes les chaudières une fois allumées. Il y a là une grosse économie de main-d'œuvre, si l'on considère que sur certains transatlantiques à grande vitesse on ne compte pas moins de 229 chauffeurs et soutiers comme sur le *Kaiser Wilhelm II*, par exemple. Ajoutez à cela que le métier est si dur sur les navires traversant la mer Rouge qu'on ne peut y employer que des nègres ou des arabes payés encore fort cher. La chauffe au charbon, surtout avec les chaudières à petits tubes, demande un long apprentissage et des soins tout particuliers, si l'on veut éviter les accidents toujours redoutables, même avec les chaudières prétendues inexplosibles, étant données les hautes pressions auxquelles on arrive aujourd'hui pour satisfaire aux vitesses toujours croissantes. Avec le chauffage au pétrole il n'y a pour ainsi dire plus de fatigue, tout le travail du chauffeur consistant à ouvrir et fermer quelques robinets. La température est moins élevée dans la chambre de chauffe et la déperdition du calorique y est réduite au minimum, puisqu'une fois l'allumage opéré, on n'ouvre jamais plus les portes des fourneaux. Par suite moindre fatigue des fourneaux et des chaudières, qui ne subissent plus des changements continuels de température avec l'ouverture incessante des portes, comme cela a lieu avec le charbon. Il n'y a plus pour ainsi dire de nettoyage, puisque le chauffage bien réglé ne donne ni cendres ni fumée. Or on sait combien ce travail est pénible avec le charbon. Comme il n'y a plus de cendres, la vidange des

escarbilles, travail aussi des plus durs, est totalement supprimée. La propreté de la chambre de chauffe est parfaite et, chose qu'on n'a pas assez remarquée, la présence de la poussière de charbon à l'embarquement, est en même temps supprimée. Or on sait quelle intolérable souffrance elle impose aux passagers, surtout dans les mers chaudes où l'on vit sur le pont, qu'il faut alors abandonner à tout prix pour se réfugier à terre, quand on le peut, ou pour se renfermer dans des salons surchauffés dans lesquels les punkahs ou les ventilateurs électriques peuvent seuls permettre de lutter contre l'apoplexie de chaleur. Cette poussière pénètre néanmoins partout et nécessite un nettoyage long et dispendieux, car il finit toujours par ruiner les peintures, dorures et autres ornements coûteux des luxueux salons de nos paquebots. Quand on ne peut l'empêcher de pénétrer dans la machine, elle y cause des grippements et des échauffements dans les articulations et dans les paliers pouvant causer quelquefois des accidents. Avec la chauffe au pétrole, c'est la propreté parfaite dans tout le bâtiment et par suite une nouvelle source d'économies indirectes mais pourtant sensibles à la longue. La fumivorité complète est donc un second et très grand avantage à considérer par les compagnies de paquebots de luxe.

Un troisième avantage, tout aussi important que les deux premiers, est donné par la facilité et la rapidité de l'embarquement du combustible liquide. Il suffit en effet de fort peu d'heures pour verser dans les réservoirs, au moyen d'un simple tuyau à robinet, une grosse cargaison de mazout Un homme suffit pour surveiller l'embarquement du combustible liquide, qui se fait tout seul et sans bruit. Les passagers ayant assisté à la prise en charge du charbon, dans les grands ports de relâche de la ligne de Chine, savent quel bruit font les milliers de coolies que l'on emploie à cette besogne toujours longue et pénible pour tout le monde. Il y a donc là une nouvelle et consi-

dérable économie de main-d'œuvre. Nous savons aussi par expérience que cet embarquement à dos d'hommes dans de petits paniers ne contenant que 25 à 30 kilos de menu représente une perte de matière combustible qui n'est jamais inférieure à 2 % mais peut dans certains cas atteindre plus du double, surtout quand les coolies travaillent mal (quelquefois intentionnellement) laissant tomber une partie du charbon entre le bord et le chaland ou le quai pour le repêcher ensuite à leur avantage. C'est ainsi que certaines escales, comme Port-Saïd par exemple, constituent pour les pauvres gens du pays une mine de charbon sous-marine. Avec le combustible liquide rien n'est perdu et le contrôle peut être fait exactement au moyen d'un compteur vérifié ensuite par le cubage des réservoirs. Ceux qui ont eu à contrôler l'embarquement des charbons à bord des paquebots savent à quelles ruses d'apaches ont recours tous ceux — et ils sont nombreux — qui sont intéressés à tromper les compagnies. Le contrôle demande une surveillance des plus actives et par suite dispendieuse. Malgré tout on n'évite presque jamais complètement la fraude, tant elle a de ressources à sa disposition. Avec l'huile rien de plus facile. Ajoutons un détail qui, vu la dureté des temps et les tendances des travailleurs des ports, a bien son importance. La simplicité et la facilité de l'embarquement et du maniement du combustible liquide rendent les compagnies beaucoup plus indépendantes du personnel spécial des chauffeurs, soutiers et chargeurs de charbon puisque le premier manœuvre venu, instruit rapidement et surveillé par un mécanicien, peut remplacer les uns et les autres après un court apprentissage. Il faut encore considérer qu'avec le combustible liquide l'on peut employer comme soutes des emplacements inutilisables pour le charbon, ce qui permet d'augmenter l'approvisionnement du combustible et par suite le rayon d'action du navire. On évite ainsi les frais d'escale nécessaires au ravitaillement, tout en gagnant aussi sur le

chargement des marchandises, auxquelles on peut donner l'espace conquis sur les soutes à charbon. En effet avec l'huile il n'y a plus de perte à l'arrimage, perte qui avec des charbons en gros morceaux peut atteindre une assez forte proportion. Ajoutez encore ceci : le pouvoir calorique de l'huile étant supérieur à celui de la houille d'environ 1/8 (les rapports sont en moyenne de 11 500 calories pour l'huile contre 7000 à 8000 pour les meilleurs charbons) on arrive à gagner, suivant les derniers rapports anglais, 50 °/₀ sur l'espace accordé aux soutes à combustible solide. Cela permet de retrouver sur les frets une somme perdue avec le charbon et d'augmenter la distance franchissable à poids égal. C'est ainsi qu'un tank-steamer de 3500 tonnes peut embarquer 500 tonnes de résidus pour chauffage et faire, sans escale de ravitaillement, le voyage de Batoum aux Indes avec une vitesse constante de 10 à 11 nœuds.

On a comparé les résultats obtenus avec les deux genres de chauffe sur deux bateaux-citernes du même tonnage, soit 800 tonnes et de même vitesse, 8 à 9 nœuds. Le bateau chauffant à la houille en consommait 10 tonnes par 24 heures de marche contre les 6 1/2 tonnes de naphte brûlées par l'autre.

Avec le chauffage au naphte on peut encore faire monter très rapidement la pression, ce qui est inestimable sur un paquebot et ce qui ne peut s'obtenir avec le charbon. Cet avantage est surtout appréciable dans la marine de guerre ; aussi on s'y sert du pétrole pour augmenter l'intensité des feux en le projetant sur le charbon au moment voulu. Des considérations militaires empêchent malheureusement l'emploi exclusif du naphte sur ces bâtiments, sans quoi il y serait adopté depuis longtemps à cause de tous les avantages énumérés ci-dessus. On sait en effet que le charbon constitue une seconde cuirasse de défense pour les machines et la chaufferie. Il est aussi probable que l'éclatement d'un projectile dans un réservoir de mazout

pourrait en amener l'inflammation, bien qu'elle n'ait lieu que vers 300° C. dans les résidus bien distillés.

Beaucoup de personnes s'imaginent à tort que le mazout constitue un sérieux danger d'incendie. C'est une erreur et l'on peut même affirmer qu'il est à ce point de vue moins dangereux que la houille. Celle-ci en effet a souvent formé, dans les soutes, du grisou qui a asphyxié les hommes quand il n'a pas fait explosion. On sait aussi que certains charbons pyriteux s'échauffent et finalement prennent feu quand, pour une cause ou pour une autre, ils se trouvent mouillés d'une façon sensible.

Or une fraude, bien connue des fournisseurs de charbon, consiste à mouiller les menus pour en augmenter le poids. Nous avons pu constater une fois qu'un chargement ainsi constitué n'avait pas reçu moins de 4 o/o d'eau, d'où perte sérieuse pour l'armateur et danger grave d'incendie.

Avec l'huile bien préparée il n'y a aucun danger, puisque l'on peut même éteindre dedans une allumette enflammée. Nous connaissons un cas bien remarquable d'incendie à bord d'un steamer de la Compagnie Samuel, qui se produisit dans le canal de Suez, pendant notre dernier séjour en Égypte, et qui n'aurait pas eu lieu si ce navire avait brûlé de l'huile au lieu de charbon. Voici l'histoire.

Le vapeur *Bulysses*, chargé de pétrole lampant, s'était mis au plein dans le canal ; le *Nérite*, de la même compagnie, ayant déchargé son huile à Suez, vint au secours de son confrère et commença à le décharger en prenant l'huile dans ses water-ballasts de sûreté, situés à l'avant et à l'arrière de sa machine et de sa chaufferie, qui travaillait à la houille. Mais l'huile, étant plus capillaire que l'eau, finit par suinter dans la chaufferie en telle quantité qu'elle pénétra dans les cendriers. Elle s'y enflamma au contact des escarbilles, communiquant l'incendie à tout le bâtiment qui dut aller se mettre au plein dans les grands lacs et y fut abandonné, vu l'impossibilité d'éteindre le

feu. Celui-ci ne s'arrêta qu'après la combustion complète de toute l'huile à bord. Or les agents de la Compagnie m'ont affirmé, avec raison, que si le *Nérite* avait eu des appareils de chauffage à l'huile il n'aurait certainement pas pris feu. En effet, il n'y aurait pas eu premièrement d'escarbilles dans les cendriers et, secondement, on aurait éteint les brûleurs pendant l'opération du chargement, vu l'économie qui en résulte et la facilité de remettre sous pression en peu de temps au moment voulu, en rallumant les brûleurs.

Ceci nous montre encore une nouvelle source d'économie de combustible. Car, comme il faut avec la chauffe au charbon compter sur un temps assez long pour remettre sous pression, on maintient toujours du feu dans les fourneaux pendant les arrêts ou les escales; cela coûte moins cher et prend moins de temps que le rallumage. Avec le chauffage à l'huile, l'allumage ne demande que quelques minutes et un simple paquet d'étoupes enflammées présenté au jet de mazout pulvérisé. On règle la combustion en quelques coups de pouce donnés à un robinet qui commande à la fois l'arrivée de l'huile et celle de la vapeur ; cela fait, on n'a plus à s'en occuper jusqu'au prochain arrêt. Une chaufferie, une fois réglée, peut ainsi fonctionner toute seule, presque sans surveillance, pendant plusieurs jours, au moins en ce qui concerne les brûleurs. Aussi un chauffeur suffit là où il en faut quatre ou cinq avec la houille. On sait encore qu'avec les chaudières à petits tubes, dites aquatubulaires, la chauffe est très délicate, vu le peu de volant de vapeur que possèdent ces appareils, le danger de brûler les tubes, et la nécessité de fournir le combustible d'une façon si régulière qu'elle devient pour ainsi dire chronométrique. Surtout quand il s'agit de chauffage à tirage forcé, il faut des hommes solides, très entraînés et fort attentifs ; aussi, leur service étant des plus pénibles, doivent-ils être payés assez cher. La chauffe au pétrole est infiniment plus simple, le ringardage des barreaux de grille,

qui demande beaucoup de soin et de force musculaire (sauf toutefois sur certains bateaux où l'on emploie des grilles mobiles spéciales), n'existe plus avec le pétrole. On peut aussi supprimer dans ce cas les machines spéciales destinées à monter les escarbilles, sans parler des wagonnets pour la manutention du charbon que l'on trouve sur certains grands transatlantiques et qui font ressembler leur chaufferie à une galerie de mine (1). En somme, tous ces avantages prouvent que la chauffe au combustible liquide étant théoriquement aussi parfaite que possible au point de vue pratique, le mazout constitue le chauffage idéal. L'avenir semble lui appartenir au moins pour ce qui concerne la marine commerciale, car on n'a plus aucun doute sur ses avantages.

Pourquoi donc ce chauffage n'est-il pas plus souvent appliqué par les compagnies de navigation à leurs paquebots ou à leurs cargo-boats ? Nous allons en étudier les raisons. Ce sont surtout des questions de prix de revient, mais plus particulièrement des craintes sur la continuité des stocks de ravitaillement. On prétend, par exemple, que les prix entre le charbon et le pétrole ne tarderont pas à s'équilibrer, si l'usage de celui-ci se répand trop vite. Il pourra même arriver, dit-on, que la demande en combustible liquide dépasse la production. On craint par dessus tout la formation des puissants syndicats accaparant la production totale, ce qui serait sans doute possible, étant donné le nombre encore restreint de pays producteurs. A cela on peut répondre que le nombre des mines de pétrole s'accroîtra sûrement par les découvertes de nouveaux gisements dans les deux hémisphères. On en trouve assez

(1) Une autre source d'économie que l'on peut mentionner est celle des jeux de tentes qui, sur les paquebots fréquentant la mer des tropiques, représentent au moins une vingtaine de milliers de francs par an. Ces tentes, en toile à voile, y sont constamment brûlées par les escarbilles s'échappant des cheminées. Avec le chauffage au pétrole cette cause de dépense disparaît, puisqu'il n'y a même plus de fumée.

souvent et l'on est encore loin de connaître tous les terrains qui en contiennent. Il en sera sans doute du pétrole comme de certains métaux qu'on s'est efforcé en vain de monopoliser entre les mains de trusts puissants. Au fur et à mesure des nouvelles découvertes, les prix de ce combustible subiront une baisse proportionnelle à la production, comme cela s'est produit pour l'argent, par exemple, sans parler du cuivre, de l'étain et de l'or lui-même. A ce propos il est curieux de remarquer que si l'or se présente le plus souvent dans des filons orientés suivant le sens des méridiens, les gisements de pétrole se trouvent sur de grands cercles inclinés à 45° environ sur l'équateur, ainsi qu'on peut s'en convaincre en consultant une mappemonde portant l'indication des mines de pétrole aujourd'hui connues.

Une autre difficulté en ce qui concerne la France est celle-ci : n'ayant pas encore de mines de pétrole sur notre territoire ou dans nos colonies, nous devons forcément l'acheter à l'étranger. Mais il en est de même pour la majeure partie des houilles consommées par nos navires, et l'on pourrait, comme pour celles-ci, obtenir qu'une diminution des tarifs de douane soit appliquée aux mazouts destinés à l'industrie ou à la navigation. A la rigueur, les compagnies de bateaux à vapeur pourraient constituer des dépôts à l'étranger et en s'y ravitaillant suffisamment éviter les taxes de pénétration, en supposant qu'elles ne puissent les faire diminuer.

Reste la dépense à prévoir pour la modification des appareils de chauffe existants. En l'étudiant un peu nous avons pu nous rendre compte qu'elle n'était pas très considérable et qu'en tout cas elle serait rapidement couverte par les économies réalisées, en particulier sur la main-d'œuvre.

On peut facilement transformer un fourneau à houille en fourneau brûlant du mazout en plaçant, sur les grilles mêmes, une sole en briques réfractaires et en protégeant le

haut du foyer et ses côtés avec un revêtement de ces mêmes briques. Une ou deux journées suffiraient pour remettre la chaufferie en état de reprendre du charbon s'il était nécessaire. La dépense d'installation sera beaucoup moins considérable si on adopte le chauffage au pétrole lors de la construction de nouveaux bateaux ou du remplacement des chaudières. Plusieurs compagnies ont installé leurs chaufferies nouvelles de façon à pouvoir brûler indifféremment de la houille ou du pétrole. Cela est applicable, paraît-il, aux divers types de chaudières actuelles sans modifications structurales pour les tubes. Il est cependant acquis que l'on peut augmenter sérieusement le rendement en construisant des chaudières en vue de la chauffe au combustible liquide, par exemple en raccourcissant les tubes.

Pour être complet il nous reste à signaler une dernière objection faite à la chauffe au pétrole par les amis de la routine, c'est le ronflement aussi puissant que désagréable donné par les injecteurs et brûleurs à vapeur. Ceux qui, comme nous, ont souffert du bruit et autres inconvénients du chargement des charbons et de la vidange des escarbilles, bruits d'autant plus désagréables qu'ils sont discontinus, préfèrent de beaucoup le ronflement continu des brûleurs à vapeur auquel on s'habitue rapidement comme à tout bruit régulier. D'ailleurs, il est peu sensible avec les nouveaux injecteurs à pression d'air de la maison Körting.

Nous sommes persuadé que le chauffage au combustible liquide est le chauffage de l'avenir. Toutes les grandes compagnies de navigation, soucieuses des intérêts de leurs actionnaires et du confort de leurs passagers, l'étudient et un certain nombre l'ont déjà adopté. Au moment où nous achevons ces lignes on nous apprend que la compagnie du Lloyd autrichien suit le mouvement, elle vient de l'installer sur son magnifique paquebot *Bohemia*. Les grands mar-

chands de charbon s'en rendent si bien compte qu'ils se font aujourd'hui fournisseurs de mazout, construisent des réservoirs de dépôt et achètent des bateaux pour les transformer en porteurs de pétrole, telle la maison Worms à Port-Saïd. C'est là un symptôme instructif.

A. A. Fauvel.

LES NOTIONS DES ZENO

SUR LES PAYS TRANSATLANTIQUES

NOUVELLES PREUVES DE LEUR VÉRACITÉ (1)

III. L'ESTOTILANDA ET DROGIO

Reprenons l'examen des questions difficiles et essayons d'en donner la solution. Pour nous qui admettons l'identité de l'Icaria avec Terre-Neuve, l'Estotilanda ne peut être que la péninsule située au sud de l'estuaire du Saint-Laurent et à l'ouest du golfe de même nom. Ce qui nous autorise à l'affirmer, ce n'est pas seulement la place qu'elle occupe sur la carte des Zeno à l'ouest de l'Icaria (mais à une latitude un peu plus méridionale) et au nord de Drogio, pays froid (2) : l'ensemble des faits que la relation contient sur cette contrée nous mène à la même conclusion. D'après le pêcheur, c'était une île située à l'ouest de la Frislande, un peu moins grande que l'Islande, mais plus

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1904, p. 121.

(2) Les habitants de cette contrée, dit le pêcheur frislandais, « patiscono fredi crudeli... Ma piu che si và verso garbino, vi si trova piu civiltà per l'aere temperato che vi è » *(Rel. des Zeno*, p. 23 de l'éd. Major). — Ces indications météorologiques, jointes à l'absence de grande île près du littoral des États-Unis, ne permettent pas de confondre Drogio ou l'Estotilanda avec la péninsule floridienne, la seule de ces parages dont la superficie se rapproche un peu de celle de l'Islande. Les géographes et les voyageurs du moyen âge donnaient très souvent le nom d'île aussi bien aux péninsules qu'aux terres complètement entourées d'eau.

fertile (1), arrosée par quatre rivières prenant leur source dans une montagne centrale couverte de forêts, propre à la culture des céréales, très riche et possédant en abondance tous les biens du monde. De toutes les contrées maritimes situées à l'ouest du groupe des Færœs et à une latitude plus méridionale que Terre-Neuve, aucune ne correspond mieux à cette description que la péninsule comprise entre l'estuaire et le golfe Saint-Laurent, la baie de Fundy et le fleuve Saint-Jean avec un des petits affluents du Saint-Laurent. Les limites indiquées renferment presque tout le Nouveau-Brunswick, sauf le coin sud-ouest et une étroite bande à l'ouest du Saint-Jean ; de plus les comtés de Gaspé, de Bonaventure, de Rimouski et la partie orientale de celui de Temiscouata, jusqu'au lac de ce nom et à la rivière des Trois-Pistoles. Le Saint-Jean qui forme un vrai bras de mer jusqu'à Fredericton, où remonte la marée à 132 kilomètres de son embouchure (2), est en outre navigable bien loin au delà de son confluent avec la Madawaska et jusqu'à la rivière Saint-François, où il quitte le Nouveau-Brunswick pour s'enfoncer dans l'État du Maine. Plusieurs de ses affluents septentrionaux ont leur source très rapprochée de celle des tributaires du fleuve Saint-Laurent. C'est le cas notamment pour l'Asherish, tributaire de la Madawaska, et pour la rivière des Trois-Pistoles ; pour la rivière Saint-François et son affluent la rivière Bleue d'une part, le Toupiqué, la rivière Verte et la Senescoupe d'autre part ; pour la Passaouctuc et la rivière aux Loutres. Les indigènes qui remontaient le Saint-Jean dans leurs canots d'écorce, n'avaient qu'à les porter sur un espace de peu de lieues (3)

(1) C'est pourquoi nous nous écartons de l'opinion des écrivains qui identifient l'Estotilanda soit avec l'île de Terre-Neuve, soit avec le Labrador, l'une et l'autre stériles (Cf. *Les Colon. europ. du Markland et de l'Escociland*, p. 33).

(2) Élisée Reclus, *Nouv. Géogr. univ.* Paris, in-8°, t. XV, 1890, p. 582.

(3) « Les habitants du pays vont par cette rivière [Sainct-Jean] jusques à Tadoussac, qui est dans la grande rivière de Sainct-Laurent, et ne passent

pour trouver quelque rivière qu'ils descendaient jusqu'au Saint-Laurent. Dans ces conditions on pouvait bien considérer comme une véritable île (1) la péninsule Laurentienne située à l'est de ces rivières. Le territoire ainsi circonscrit, n'ayant qu'environ 90 000 kilomètres carrés de superficie, est un peu plus petit que l'Islande (2), qui en a plus de 104 000 (Terre-Neuve, 110 000).

Quant au mont très élevé, situé au milieu de l'île et d'où coulent quatre rivières qui l'arrosent (2), on n'en voit pas de plus central que le mont Bald, s'élevant à 773 mètres, et des contreforts duquel descendent effectivement quatre des principales rivières du Nouveau-Brunswick : l'Upsalquitch, branche du Ristigouche ; la Tobique, affluent du Saint-Jean, le Nepisiguit et la branche nord-ouest du Miramichi (3). Les bassins auxquels appartiennent ces quatre grands cours d'eau forment bien les trois quarts du territoire du Nouveau-Brunswick (4) ; c'est un fait dont nos géographes n'avaient pu se rendre

que peu de terres pour y parvenir » (Champlain, *Voyages*, L. I, ch. 2, t. I, p. 75 de l'édit. de Paris, 1830, in-8°). — Les Souriquois de Gaspé faisaient en six jours la traversée de cette péninsule jnsqu'à Ouigoudi près de l'embouchure du Saint-Jean, presque exclusivement par eau, sauf trois à quatre lieues de portage (Marc Lescarbot, *Hist. de la Nouvelle-France*, L. IV, ch. 18, t. II, p. 570 de l'édit. Tross, Paris, 1866, in-8° ; cf. ch. 3, p. 455).

(1) C'est ce que firent pour le même territoire (un peu prolongé vers le sud-ouest) Dudley (*Arcano del mare*, Florence 1647), ainsi que Covens et Mortier (fin du XVIIe siècle), qui transforment la rivière Sainte-Croix, fort rapprochée du Saint-Jean, en un canal unissant la baie de Fundy au Saint-Laurent (Winsor, *Op. cit.*, t. IV, pp. 385, 388 et 390). De même Gastaldi (1556) et N. Belin (1744) ont par erreur mis le Kennebek en communication avec la rivière Chaudière (*Les Colon. europ. du Markland et de l'Escociland*, pp. 34 et 35).

(2) L'Estotilanda, est-il dit dans la *Relat. des Zeno* (édit. Major, p. 20) « è poco minore di Islanda, ma piu fertile, havendo nel mezzo un monte altissimo, dal quale nascono quattro fiumi che la irrigano ».

(3) R. Chalmers, *Rapport prélimin. sur la géologie superficielle du Nouveau-Brunswick*, pp. 11 et 12, GG (dans RAPPORT ANNUEL, nouvelle série, t. I, 1885, de la Commiss. géolog. du Canada).

(4) Le fleuve Saint-Jean égoutte environ 10 500 milles carrés dans le Nouveau-Brunswick dont la superficie est évaluée à 27 490 milles carrés ; le Miramichi, 5500 ; le Ristigouche, 2200 ; le Nepisiguit, beaucoup moins (Id., IBID., p. 15).

compte avant les explorations contemporaines. Pour savoir que les hauteurs centrales dominées par le mont Bald étaient le nœud du système hydrographique de l'Estotilanda, il faut que l'un des naufragés frislandais ait parcouru en tout sens, comme l'affirmait le pêcheur rapatrié (1), le Nouveau-Brunswick dont certaines parties peu accessibles n'ont pas encore été étudiées scientifiquement. En formulant aussi catégoriquement et avec tant de justesse le résultat de ses observations, cet inconnu a devancé nos géographes de plus de quatre siècles (2).

De même que l'Estotilanda avait des forêts immenses (3), « la surface entière du Nouveau-Brunswick est couverte de bois (4) », et « récemment encore c'était une forêt continue (5) ». Il y avait là en abondance des matériaux pour les palanques dont ils entouraient leurs villes (6). Ce genre de fortifications, si bien approprié à la nature du pays, s'y perpétua jusqu'au temps de la domination

(1) Un di loro particolarmente fu in diversi parti dell' isola (*Rel des Zeno*, éd. Major, p. 20).

(2) Voyez, livraison de juillet 1904, p. 140, note 1, ce que dit à ce propos A. E. Nordenskiöld. — En 1847, un géologue qui avait, pendant cinq ans, exploré le Nouveau-Brunswick, déclarait que, à peu de distance de la baie des Chaleurs, le bassin du Ristigouche et de l'Upsalquitch était inexploré et même inconnu (Abr. Gesner, *New-Brunswick*, Londres, 1847, in-8°, pp. 96 et 98).

(3) Hanno boschi d'immensa grandezza e fabricano á muraglia, e ci sono molte città e castella (*Rel. des Zeno*, éd. Major, p. 21). — Chez nous un mur est un ouvrage de maçonnerie, chez d'autres peuples, c'en est aussi un de charpenterie. Voici comment G. Fernandez de Oviedo (*Historia general y natural de las Indias*, Madrid, 1851, in-4°, t. I, p. 565) décrit les fortifications d'une tribu de l'intérieur des États-Unis (bassin du Mississipi) : Vers 1540 les Espagnols « fueron à un pueblo viejo que tenia dos cercas y buenas torres, y son desta manera aquellos muros. Hincan muchos palos gordos, altos y derechos, juntos unos con otros; estos téxenles con unas varas largas, y embárranlos por dentro y por defuera. » De nos jours encore, en Bourgogne, les bûcherons crépissent de même leurs baraques en perches posées horizontalement et assemblées de chaque bout l'une avec l'autre.

(4) H.-B. Small, *Les Forêts du Canada et leurs produits*, Ottawa, 1885, in-8°, p. 21.

(5) El. Reclus, *Nouv. Géogr. univ.*, t. XV, p. 586 ; — Abr. Gesner, *New-Brunswick*, p. 168 ; — R. Chalmers, *Géol. superf. du Nouv.-Brunswick*, p. 6.

(6) Voyez *supra*, note 3 ; cf. livraison de juillet 1904, p. 136.

française : Jacques Cartier le trouva en usage dans la Nouvelle-France (1), Champlain (2) et Lescarbot l'y signalent également (3) et, pendant longtemps, la ville de Québec ne fut bâtie qu'en bois (4). Les murailles ainsi construites sont essentiellement périssables (5) et cette circonstance explique en partie la disparition totale des cités et châteaux dont parlait le voyageur du XIVe siècle (6). Il n'est pas besoin de remonter si haut pour constater l'anéantissement de grands ouvrages en bois mentionnés par des témoins dignes de foi. Champlain, ne trouvant plus de vestiges de la bourgade huronne de Hochelaga, décrite par J. Cartier (7), soixante-quinze ans auparavant, doutait qu'elle eût jamais existé (8).

Pas plus au XIVe qu'au XIXe siècle, les forêts n'ont empêché la culture des céréales : les bois du Nouveau-Brunswick, qui croissent dans des terrains silurien et carbonifère, peuvent être défrichés avec profit ; le sol qu'ils recouvrent est particulièrement fertile ; les terres arables ont une superficie considérable sur les rives du fleuve Saint-Jean et de ses tributaires et dans le bassin supérieur du Ristigouche (9). Les terres qui bordent

(1) Deuxième voyage, 1535, dans *Voyageurs anc. et mod.*, d'Ed. Charton, t. IV, pp. 41 et 42. — Cf. Lescarbot, *Op. cit.*, L. III, ch. 16, p. 316 de l'édit. Tross.

(2) *Op. cit.*, L. IV, ch. 7 et 8, pp. 340, 348, 372 et 373 du t. II de l'édit. de 1830.

(3) *Op. cit.*, L. III, ch. 16 ; IV, ch. 18 ; V, ch. 4, pp. 316, 367 et 606, de l'édit. Tross.

(4) Le P. de Charlevoix, *Hist. de la Nouvelle-France*, Paris, 1744, in-4°, t. I, p. 75.

(5) Comme on le voit par la difficulté de retrouver, sous une végétation envahissante, les vestiges des forts abandonnés qui avaient été élevés par les Français dans les premiers temps de l'occupation du Canada.

(6) Voyez livraison de juillet 1904, p. 136.

(7) Deuxième voyage dans les *Voyageurs anc. et mod.*, d'Ed. Charton, t. IV, pp. 41 et 42, avec plan d'une bourgade et de ses fortifications emprunté à Ramusio.

(8) Lescarbot, *Op. cit.*, L. V, ch. 4, pp. 606 et 607 du t. III de l'édit. Tross.

(9) Champlain, *Voy.* L. I, ch. I, p. 8 du t. I de l'éd. de 1830 ; Lescarbot, *Op. cit.*, L. VI, ch. 24, pp. 805, 807 et 809 du t. III de l'éd. Tross ; Gesner, *New-Brunswick*, pp. 231-235 ; R.-W. Ells, *Rapp. sur la géolog. des parties*

la baie des Chaleurs sont toutes en culture. La partie montagneuse de la Gaspésie n'est pas non plus rebelle aux efforts des colons qui s'avancent de plus en plus dans l'intérieur du pays, aussi le territoire de l'Estotilanda donne-t-il des récoltes de toute sorte (1) ; quant aux grains qu'y semaient les habitants vers la fin du moyen âge (2), on ne saurait dire au juste s'il s'agit de céréales européennes qui auraient été importées par les Gaëls de la Grande Irlande (ancien nom de l'Estotilanda) (3), et dont Jacques Cartier trouva une variété dégénérée dans la Gaspésie (4) ou bien du maïs qui était cultivé de temps immémorial par certaines tribus de l'Amérique septentrionale, notamment par les Armouchiquois (5) du Maine et les

nord et est du Nouveau-Brunswick et du côté nord de la baie des Chaleurs, pp. 2 et 23 D (dans *Rapp. des opérations* de la Commission géolog. du Canada, 1880-1882); R. Chalmers, *Rapp. sur la géol. superfic. du Nouveau-Brunswick occidental*, pp. 7, 47-49 GG (dans le même recueil, 1882-1884); *La Province de Québec et l'Émigration européenne*, 2e édit. 1875, pp. 63-65; *Le Guide du colon français au Canada*, 1886, p. 33.

(1) Gesner, *New-Brunswick*, pp. 240-244.

(2) *Relat. des Zeno*, p. 21 de l'édit. Major.

(3) E. Beauvois, *La Découverte du Nouveau-Monde par les Irlandais*, pp. 85-87 ; *Les Colon. europ. du Markland et de l'Escociland*, pp. 6-8, 24.

(4) Voici ce qu'il dit de la baie des Chaleurs : « Il n'y a lieu si petit où il n'y ait des arbres, bien que ce soient sablons, et où il n'y ait du froment sauvage qui a l'épi comme le seigle et le grain comme de l'avoine » (Premier voy. dans *Voyag. anc. et mod.* d'Ed. Charton, t. IV, pp. 17 et 18). La forme de l'épi dénote assez que ce ne peut être une sorte de folle-avoine. Un peu plus loin vers le sud, dans le golfe de Saint-Lunaire, que l'on croit être le détroit de Northumberland entre le Nouveau-Brunswick et l'île du Prince-Édonard, les terres où il n'y a point de bois sont, dit-il, « très belles, toutes pleines de pois, de raisin blanc et rouge, ayant la fleur blanche dessus, de fraises, mûres, froment sauvage comme seigle qui semble y avoir été semé et labouré » (Id., *ibid.*, p. 14). — Lescarbot (t. I, p. 254 de l'éd. Tross) parle avec plus de précision « de campagnes, pleines de froment sauvage et de pois. ... qui semblaient avoir été semés par des laboureurs. » — Cf. *De tribord à bâbord, trois croisières dans le golfe Saint-Laurent*, par Faucher de Saint-Maurice, Montréal, 1877, in-12, pp. 288 et 289 — Ces vestiges de culture remontaient, semble-t-il, aux Gaëls de la Grande Irlande ou aux Escotilandais, prédécesseurs des Souriquois, qui s'en tenaient aux pois et au maïs.

(5) Lescarbot, *Op. cit.*, L. VI, ch. 24, p. 807 du t. III de l'éd. Tross.

Souriquois de la Gaspésie (1). Mais quelle que soit la céréale en question, elle suffisait pour fournir la matière amylacée aux cervoisiers (2) de l'Estotilanda (3).

Si aux produits du sol et à ceux de la mer qui, au moyen âge, étaient infiniment plus abondants qu'aujourd'hui, on ajoute les richesses minières, on ne taxera pas d'exagération le narrateur frislandais affirmant que l'Estotilanda « était très riche et copieusement pourvue de tous les biens du monde » (4). Les habitants extrayaient toute sorte de métaux et ils étaient surtout riches en or (5). L'insulaire des Færœs, où l'on n'exploitait pas de mines, devait être porté à exagérer la valeur de celles de l'Estotilanda. Il ne faut pas non plus interpréter avec une rigueur scientifique les paroles d'un simple pêcheur. Quand il dit tous les métaux, on peut bien penser qu'il s'agit seulement des plus usuels ; réduite à ces termes, son assertion est parfaitement justifiable : on a en effet reconnu dans le Nouveau-Brunswick et la Gaspésie des gisements de fer, des mines de cuivre qui, dans ces derniers temps, ont pris une véritable importance industrielle, des indices

(1) C'est du moins l'interprétation que nous donnons au passage suivant : « Il croît aussi en ce pays du mil gros comme un pois, pareil à celui qui croît au Brésil, dont ils mangent au lieu de pain ; et ils en avaient en abondance et l'appellent en leur langue *Kepaige* » (J. Cartier, Premier voy. dans le t. IV, p. 20 de l'éd. Charton). — Le P. Laffitau nous apprend, en effet, que « la plupart des relations anciennes et modernes appellent le maïs ou simplement du mil ou du gros mil, pour le distinguer du mil ordinaire et de la petite espèce » (*Mœurs des Sauvages Amériquains*. Paris, 1724, in-4°, p. 72).

(2) On emploie ce mot tombé en désuétude parce qu'il se rapproche davantage de l'italien *cervosa*, du gaulois *corma* (chez Posidonius), du gaélique *cuirm*, du gallois *cwrw*, de l'armoricain *koref*, *kufr*. C'était la boisson préférée des Celtes (H. D'Arbois de Jubainville, *Introd à l'étude de la littérature celtique*, p. 80 ; Du Cange, *Glossarium mediæ latinitatis*, au mot *cerevisia*).

(3) Seminano grano e fano la cervosa, che è una sorte di bevanda, che usano i popoli settentrionali, como noi il vino (*Rel. des Zeno*, p. 21 de l'éd. Major).

(4) E narra che è richissima ed abondantissima di tutti li beni del mondo (*Rel. des Zeno*, p. 20).

(5) Cavano metalli di ogni sorte, e sopra tutto abondano di oro (*Ibid.*, p. 20).

d'étain et de plomb, des traces d'argent et d'or (1). Les métaux précieux y sont à la vérité fort rares, et si les indigènes en possédaient en abondance, il n'est pas dit qu'ils les eussent exclusivement tirés de leur propre pays. Si leur territoire ne s'arrêtait pas, comme aujourd'hui le Nouveau-Brunswick, à la partie la plus étroite de l'isthme acadien, resserrée entre la baie de Cumberland et la baie Verte, mais se prolongeait vers le sud jusqu'à la chaîne des monts Cobequid ou au bassin des Mines, ils trouvaient de l'or et de l'argent dans la partie nord-est de la Nouvelle-Écosse (2). Dans une autre direction à une cinquantaine de lieues seulement à l'ouest du fleuve Saint-Jean, le bassin de la rivière Chaudière et, un peu plus loin, celui du Saint-François, leur offraient de riches filons aurifères (3). Or, on sait que mineurs et pêcheurs ne se gênent pas pour empiéter sur le domaine l'un de l'autre.

Immédiatement après avoir parlé de l'abondance de l'or chez les Estotilandais, le pêcheur frislandais passe « à leurs relations commerciales avec le Grœnland, d'où ils importent des pelleteries, du soufre et de la poix ; il rapporte aussi que, vers le midi, il y a un grand pays très

(1) Champlain, *Voy.* L. II, ch. 3, t. I de l'éd. de 1830, pp. 74 et 75 ; J. C. Taché, *Esquisses sur le Canada.* Paris, 1865, in-18, p. 61 ; L. Archambault, *La Province de Québec.* Québec, 1870, in-12, p. 65 ; *La Province de Québec et l'émigration européenne.* 2e édit. 1873, p. 51 ; R.-W. Ells, *Op. cit.*, pp. 25-27 D ; L.-W. Bailey, *Exploration et levés topogr. des comtés d'York et de Carleton*, pp. 28-30 G (dans *Rapport des Opérations* de la Comm. géolog. du Canada 1880-1882) ; R.-W. Ells, *Formations géolog. des comtés d'Albert et Westmoreland*, etc., p. 72 G (dans le même recueil, 1885, t. I) ; Faucher de Saint-Maurice, *De tribord à bâbord*, pp. 386-389 ; El. Reclus, *Nouv. géogr. univ.*, t. XV, p. 580.

(2) L. du Hailly, *Campagnes et stations sur les côtes de l'Amérique du Nord.* Paris, 1864, in-18, pp. 200-205 ; A. Heatherington, *A practical Guide for tourists, miners..... of the Gold-fields of Nova Scotia.* Montréal, 1868, in-12 ; A.-R.-C. Selwyn, *Compte rendu sommaire des travaux de la Comm. géolog. du Canada*, pp. 18, 64 A (dans RAPPORT ANNUEL, 1885, t. I) ; R.-W. Ells, *Format. géolog.*, etc., p. 73 E (dans le même recueil).

(3) J.-Sheridan Hogan, *Le Canada.* Montréal, 1855, in-8°, p. 49 ; *La Prov. de Québec et l'émigr. europ.* 2e édit. 1873, p. 51 ; Selwyn, *Op. cit.*, p. 52 A (dans RAPPORT ANNUEL, 1885, t. I).

riche en or et populeux » (1). Ce pays ne peut être que la Nouvelle-Écosse (2) et le contexte semble indiquer qu'ils s'y approvisionnaient d'or, comme ils tiraient d'autres produits du Grœnland. S'il y a lieu d'être surpris de ce que la péninsule laurentienne, plus tard si renommée pour le commerce des fourrures, ait eu besoin d'en faire venir d'ailleurs, il faut pourtant remarquer que l'ours blanc y vient rarement sur les glaces flottantes, que l'on n'y voit jamais le bœuf musqué, les renards bleu et blanc, le chien boréal dont on fait de chaudes pelisses (3) ; qu'enfin certains amphibies du détroit de Davis manquent complètement ou sont plus rares dans le golfe du Saint-Laurent. En outre, bien que le Grœnland n'ait ni solfatare ni soufre natif, on y pouvait extraire ce minéral des pyrites ou bisulfures de fer qui s'y trouvent en beaucoup d'endroits (4). Il ne faut pas non plus perdre de vue que le monastère de Saint-Thomas, bien que situé fort loin au nord-est des établissements scandinaves de l'Eystribygd, était censé faire partie du Grœnland et que ses eaux descendant d'une montagne volcanique étaient sulfureuses (5).

Reste la *pegola* (6) ; ce mot peut signifier tout à la fois : poix, résine, goudron ou bitume. Dans le premier sens, il désignerait la résine fossile, sorte d'ambre très brillant et combustible, que l'on recueille en grande quantité dans les gisements de charbon de terre à Atanekerdluk, sur la rive septentrionale du détroit de Waigat, qui sépare l'île

(1) Le lor pratiche sono in Engroneland, di dove traggono pellerecie e zolfo e pegola, e verso ostro narra che vi è un gran paese molto rico d'oro e popolato (*Rel. des Zeno*, pp. 20 et 21).

(2) Voy. *supra*, p. 542, note 2.

(3) H. Rink, *Grœnland geographisk og statistisk beskrevet*, t. II, Copenhague, 1857, in-8°, p. 172, et *Supplém. d'hist. natur.*, p. 4; Th. M. Fries, *Grönland, dess natur och innevånare*. Upsala, 1872, in-8°, pp. 36 et 47.

(4) Rink, *Grœnland*, t. II, pp. 201, 204, 208, 215, 218, et *Supplém. d'hist. natur.*, pp. 150 et 152.

(5) L'acqua poi nel monistero per esser di zolfo..... (*Rel. des Zeno*, p. 17 de l'éd. Major).

(6) Voy. *supra*, note 1.

de Disko de la péninsule de Noursoak, et dans l'île inhabitée de Harœe, au nord de celle de Disko (1). — Dans le second sens qui nous paraît être le vrai, il désignerait le goudron de phoque *(Selfita, Seltjara)*, que les Scandinaves avaient coutume de fabriquer dans leur établissement septentrional du Grœnland ou Nordrseta, « parce que la chasse au phoque y était plus productive que dans les pays habités. La graisse de phoque fondue était versée dans les barques de peau que l'on suspendait dans des hangars extérieurs et que l'on exposait au vent jusqu'à ce qu'elle se coagulât (2) ». Ce goudron servait à enduire les embarcations et passait pour les préserver des atteintes du ver de mer (3) ou taret (4). — Dans le troisième sens enfin, *pegola* se rapporterait soit au bitume fabriqué avec des pierres incandescentes vomies par le volcan de Saint-Thomas (5), soit à « *una certa materia come pegola* » (6), qui coulait de la source thermale d'une île voisine du Cap Trin situé au sud du Grœnland. Cette île doit être celle d'Ounartok, située non loin de Lichtenau par 60°30′ de lat. N. et qui, seule dans le Grœnland méridional, renferme trois bassins d'eau chaude, à la température de 31° et 32° Réaumur, qui déposent sur leurs bords une sorte de chaux blanche (7). — Quant au

(1) Rink, *Grœnland*, t. I, part. I, 1852, pp. 175, 177 ; part. II, 1855, pp. 147, 209.

(2) *Hauksbók*, extrait fait par Bjœrn Jónsson de Skardsá, reproduit dans *Antiquitates Americanæ*, p. 275 et dans *Grœnlands hist. Mindesm.*, t. III, pp. 242 et 243.

(3) *Sjómadkr*, aussi appelé *Skelmadkr*, ver à coquille.

(4) *Saga de Thorfinn Karlsefni*, dans *Antiq. Americ.*, p. 265 et dans *Grœnlands hist. Mindesm.*, t. III, pp 458, 459, 492 et 495.

(5) Nelle fabriche del monistero non si serveno di oltra materia che di quella stessa che porta lor il fuoco, perche tolgono le pietre ardenti, che á similitudine di faville escono dalla bocca dell' arsura del monte, allhora che sono più infiammate, e buttano lor sopra dell' acqua per la quale si apreno, et fanno bitumo ó calcina bianchissima et molto tenace che posta in conserva non si gasta mai (*Rel. des Zeno*, éd. Major, pp. 13 et 14).

(6) Id., *ibid.*, p. 31.

(7) C.-L Gieseke, *op. cit.*, pp. 25, 168 ; H. Rink (*Grœnland*, t. II, p. 352) ne parle que de deux bassins dont l'un est couvert d'une plante visqueuse qui s'étend en couche épaisse sur toute la surface.

sens de résine ou poix naturelle, il doit être exclu : la péninsule laurentienne, ayant en abondance les arbres qui donnent ce produit, n'avait pas besoin d'en faire venir du dehors, mais peut-être ses habitants ne s'entendaient-ils pas mieux que les compagnons de Lescarbot à tirer parti des sucs résineux de leur pays ; sans l'esprit inventif de leur chef Poutrincourt, ceux-ci n'auraient pu se procurer du brai pour calfater leurs embarcations (1).

On le voit par ce qui précède, tout ce qui touche à l'histoire naturelle dans le récit du pêcheur frislandais peut s'expliquer assez rationnellement. Il en est de même pour ce qui concerne le nom de l'Estotilanda, la langue de ses habitants, leur écriture, leur civilisation, que nous font connaître la carte (2) et les lettres (3) des Zeno. Elles étaient en fort mauvais état, lorsque Nicolò Zeno le Jeune les édita au bout de plus d'un siècle et demi ; il a eu certainement de la difficulté à lire les noms propres, et les érudits de nos jours qui auraient à publier de vieux manuscrits relatifs à des pays inconnus ne réussiraient guère mieux que lui à orthographier les mots insolites. Il est fort possible qu'il ait pris les *c* pour des *t*, ces deux lettres se ressemblant beaucoup dans la plupart des manuscrits du moyen âge. Dans cette supposition *Estotilanda* se ramènerait facilement à la forme *Escocilanda* (4) ou *Escotilanda* (5),

(1) Lescarbot, *Op. cit.*, L. IV, ch. 17, pp. 560 et 561 de l'éd. Tross.

(2) Marcia e vecchia (*Rel. des Zeno*, p. 6).

(3) Le squarciai e mandei tutte á male (*Ibid.*, p. 35).

(4) « Correzione paleograficamente facile », dit un paléographe de profession, l'érudit intendant des archives de la Ligurie, C. Desimoni *(I viaggi e la carta dei fratelli Zeno Venezziani (1390-1405)*, dans *Archivio Storico Italiano*, sér. IV, t. II, ann. 1878, p. 22 note 1 de l'*Estratto)*.

(5) A la vérité, la prothèse de l'*e* dans les mots commençant par *s* est insolite en italien (quoiqu'elle soit de règle en espagnol quand *s* initiale est suivie d'une consonne); la forme normale de ce nom serait (sans l'addition du frison *land*, terre, italianisé en *landa*) *Scocia*, comme il est écrit sur la carte pour désigner le nord de la Grande-Bretagne ; mais cette prothèse familière au latin du moyen âge, au provençal, au portugais, au français, n'est pas absolument étrangère à l'ancien italien, où l'on écrivait parfois *escavino*, *iscrivere* (Fred. Diez, *Grammatik der romanischen Spra-*

mot à mot *pays des Skots* (1) ou Gaëls aussi bien de l'Irlande que de l'Écosse. A l'appui de cette interprétation on peut alléguer que le même pays avait été évan-

chen, 2e édit. Bonn, 1870, in-8°, t. I, p. 242). En islandais la forme normale est *Skotland*, mais à la fin du XIVe siècle, on ne parlait plus le pur norrain dans les Færœs, et il est probable que le pêcheur frislandais, entendant le latin qui lui servait d'interprète prononcer *Escocia*, en a forgé *Escocitanda*, forme analogue à *Ruzcitand* et *Ruscimen* qui figurent dans *Saga Thidriks konungs af Bern* (édit. Unger, Christiania, 1853, in-8°, pp. 27, 33, 50, 260-263, 273, 274, 338, syncopés de *Ruzciatand* (p. 33), *Russiamen*, comme *Skotitand* l'est de *Skotiatand*. La forme *Ruciland* se trouve aussi dans les sagas de Bæring et de Flóvent (Cleasby, *An Icetandic-English Dictionary*, p. 504). Peut être aussi les Gaëls de la Grande Irlande s'étaient-ils mêlés aux compagnons de Madoc (T. Herbert, cité p. 107 de notre mém. sur *Les Galtois en Amérique au XIIe siècle* dans le MUSÉON, n° d'avril 1895, Louvain, in-8°) et, sous l'influence de ces derniers, se donnaient-ils un nom dont la forme corrompue se rapprochait du cymrique *Ysgotiaid* (Écossais) et par suite d'*Escotia*. Pour l'acquit de notre conscience examinons une autre hypothèse : *Aztattan* (Ant. Tello, Libro segundo..... *de la cronica miscetanea*..... *de la conquista de Xatisco*, etc. Guadalajara, 1891, in-8°, pp. 14, 22, 23, 106; M. de la Mota Padilla, *Hist. de la conquista de la provincia de la Nueva Galicia*, Mexico, 1870, in-4°, p. 21) est avec *Azcla* (*Hist. de los Mexicanos por sus pinturas*, 2e édit. dans *Nueva Colección de documentos para la hist. de Mexico*, édit. par J.-G. Icazbalceta, t. III. Mexico, 1891, in-12, pp. 238 et 239) une des formes d'*Aztlan*, et synonyme de Chicomoztoc, Tula, Teoculuacan, noms de la contrée que les Mexicains regardaient comme le berceau de leur race et qui était située, tous s'accordent à le dire, au nord de la Nouvelle-Espagne, selon les uns au nord-ouest, selon d'autres, au nord-est, vers la Florida (D. Duran, *Hist. de las Indias de Nueva-España*, édit. par J.-F. Ramirez. Mexico, in-4°, t. I, 1867, pp. 7, 219), ou littoral occidental des Etats-Unis jusqu'aux Bacaillos ou contrées et îles voisines du golfe St-Laurent. Une partie des colonisateurs précolombiens du Mexique gagnèrent ce pays par mer, en côtoyant la Florida pour aller débarquer à Panuco (Mexique), selon le P. B. de Sahagun (*Hist. des choses de la Nouvelle-Espagne*, trad. par D. Jourdanet et R. Siméon. Paris, 1880, gr. in-8°, prol. du L. I et L. X, ch. 29, § 12, pp. 7, 673 et 674). Nous pouvons donc, en nous appuyant sur ces autorités, affirmer que ces émigrants étaient originaires de l'Estotilanda ou Nouveau-Brunswick et comme certains d'entre eux parlaient le nahua (Motolinia, *Hist. de los Indios*, dans la 1re *Coleccion de docum. para la Hist. de Mexico*, publiée par Icazbalceta, t. I, 1858, gr. in 8°, p. 12), il est à croire qu'autrefois cette langue avait été en usage dans l'Estotilanda. Ce dernier nom pourrait donc être rapproché d'Aztatlan, surtout si l'on veut, comme d'ordinaire, écrire *iztac* (blanc) au lieu d'*aztac*, le radical de ce mot. — On voit par ce bref exposé qu'il y a au moins trois manières d'expliquer les noms d'Estotilanda; nous inclinons à croire que l'orthographe *Escotilanda* est une forme norraine de *Skottand* italianisé.

(1) Inutile de citer les textes nombreux, d'ailleurs assez connus, où le nom de *Scots* est appliqué aux habitants des deux rives du canal septentrional de la mer irlandaise.

gélisé par des Gaëls avant l'an 1000 (1) ; que de nos jours la population gaélique du Nouveau-Brunswick est en nombre presque double des immigrés de famille anglo-saxonne (141 000 contre 83 000) ; que l'état limitrophe au sud justifie bien maintenant son nom, d'ailleurs moderne, de Nouvelle-Écosse, puisque les Gaëls y sont la race dominante (193 000 dont 130 000 Écossais, contre 113 000 Anglo-Saxons) (2) ; que les insulaires de la grande île voisine, l'Icaria ou Terre-Neuve, faisaient remonter leur dynastie médiévale à un prince écossais (3). Le bassin du Saint-Laurent semble donc avoir été prédestiné à être colonisé et gouverné par des princes (Français ou Anglais) régnant sur des peuples celtiques : Irlandais, Écossais, Gallois, Armoricains, Français. Les affinités du climat et de la nature exercent sur les émigrants plus d'attraction que la parité de latitude ; aussi les colonies européennes du littoral américain de l'Atlantique, sans être situées aux mêmes parallèles que leur mère-patrie, sont-elles approximativement placées dans le même ordre : Scandinaves en Grœnland, Gaëls dans le bassin du Saint-Laurent, Français au Canada et dans le bassin du Mississipi, Anglais aux États-Unis, Espagnols en Floride, au Mexique, dans les Antilles, Portugais au Brésil. Il en était, paraît-il, de même au moyen âge, où les établissements fixes des Islandais étaient au nord de ceux des Scoto-Irlandais. Ceux-ci pourtant, en s'avançant vers le sud jusqu'au Vinland, c'est-à-dire à la zone tempérée des États-Unis, en avaient constaté la fertilité et les avantages naturels, ce qui ne les avait pas empêchés de se replier sur le Grœn-

(1) E. Beauvois, *La Découv. du Nouv. Monde par les Irlandais et les premières traces du Christianisme en Amérique avant l'an 1000*, et *Les Derniers Vestiges du Christianisme prêché du Xe au XIVe siècle dans le Markland et la Grande-Irlande ; les Porte-Croix de la Gaspésie et de l'Acadie*, dans ANNALES DE PHILOSOPHIE CHRÉTIENNE, avril 1877 Paris, in-8°.

(2) Elisée Reclus, *Nouv. Géogr. univ.*, t. XV, p. 395.

(3) *Rel. des Zeno*, éd. Major, p. 27.

land stérile, mais riche en amphibies et en poissons. Plus tard ils descendirent jusqu'au Markland ou Nouvelle-Écosse, mais leur colonie ne paraît pas y avoir pris un bien grand développement (1). Les mêmes causes probablement déterminèrent Champlain, qui avait reconnu le littoral des États-Unis jusqu'entre les 41° et 42° de lat. N., c'est-à-dire jusqu'aux parages où l'on localise le Vinland, à les abandonner par anticipation aux Anglais pour aller s'établir dans le bassin du fleuve Saint Laurent. L'histoire se répète, on le voit, et, en nous donnant des notions positives sur les événements plus récents, elle nous aide à comprendre les circonstances moins bien éclairées des temps anciens.

En admettant l'existence d'un élément gaélique dans l'Estotilanda, on s'explique facilement diverses assertions du pêcheur frislandais qui autrement seraient incompréhensibles ; la présence de livres latins dans la bibliothèque du roi est toute naturelle, puisqu'il y avait eu des missionnaires chrétiens dans le pays (2) ; les habitants ne comprenaient plus ces livres (3), parce qu'ils étaient séparés de la mère-patrie depuis des siècles et qu'ils n'avaient pas d'ecclésiastiques formés dans les séminaires et les universités de l'Europe. La langue des Estotilandais, étant naturellement l'ancien irlandais, ils avaient des lettres quelque peu différentes des caractères latins et qu'aucun autre peuple ne pourrait lire sans connaître leur alphabet. Le pêcheur frislandais eut besoin d'un interprète pour converser avec eux ; c'est la meilleure preuve qu'ils

(1) Voy. notre mém. sur *La Norambègue*, Bruxelles, 1880, in-8° (extr. du *Compte rendu du IVe Congrès intern. des Américanistes*, à Bruxelles).

(2) Voyez *La Découverte du Nouveau Monde par les Irlandais.*

(3) Encore moins bien partagés étaient, à la fin du XVe siècle, les Scandinaves du Grœnland, dont les ancêtres avaient professé le christianisme pendant près de cinq cents ans et qui, vers 1492, n'avaient conservé d'autres vestiges de l'évangélisation qu'un corporal sur lequel la consécration avait eu lieu pour la dernière fois, quatre-vingts ans auparavant (Voyez la source citée dans notre mém. sur *La Chrétienté du Grœnland au moyen âge*, dans la REVUE DES QUESTIONS HISTORIQUES, t. LXXI, avril 1902, p. 581).

n'étaient pas issus, comme on l'a bénévolement supposé, des Scandinaves du Vinland ; autrement un insulaire des Færœs aurait pu sans peine s'entretenir avec eux : l'ancien norrain n'étant pas encore tellement modifié en Norvège, en Islande, en Grœnland, dans les Orcades, les Shetlands et les Færœs, qu'il eût cessé d'être la langue commune de leur population d'origine scandinave.

Les Estotilandais se distinguaient donc parfaitement de celle-ci, en même temps qu'ils offraient un contraste frappant avec les tribus établies au sud de leur pays : tandis qu'ils cultivaient les céréales, celles-ci vivaient de chasse et leurs membres n'avaient pourtant pas même l'industrie de se couvrir des peaux d'animaux tués par eux (1) ; ils étaient anthropophages, ne savaient ni pêcher avec des filets ni travailler les métaux, et se bornaient à aiguiser le bout de leurs piques de bois. Les Estotilandais au contraire s'entendaient à extraire des métaux de toute sorte et ils avaient de l'or en abondance. Leur industrie, leurs arts, leurs livres, dénotent que c'étaient des Blancs civilisés, tandis que leurs voisins du sud (2) étaient de purs sauvages, des *Peaux-Rouges*, comme l'indique le nom de leur pays. Ce nom étant donné par les Estotilandais doit être gaélique et composé de *dearg* (3) (rouge) et *ia* (pays), le tout signifiant *Pays Rouge*, par opposition à *Hvitramannaland* ou *Pays des hommes blancs* dans les Sagas (4), à *Aztlan* ou *Pays blanc* dans les légendes

(1) Hernando de Escalante Fontaneda, qui avait été esclave dans la Florida et qui se flattait de connaître mieux que pas un de ses contemporains la partie sud-est des États-Unis actuels, atteste que, au milieu du XVIe siècle, les Indiens de la Géorgie, des Carolines et les Apalaches, n'avaient pour tout vêtement qu'une ceinture (Voyez sa Relation dans DOCUMENTOS INEDITOS DE INDIAS. Madrid, in-8°, t. V, 1866, pp. 535, 538, 540, 545 et 548). Lescarbot (*Op. cit.*, L. VI, ch. 21, p. 784 du t. II de l'édit. Tross) en dit autant des Indiens de la Virginie.

(2) Verso ostro nel paese che essi [quelli che habitano Estotilanda] chiamano Drogio (*Rel. des Zeno*, p. 21 de l'édit. Major).

(3) Prononcé *dergo* en Écosse (J.-F. Campbell, *Popular tales of the West Highlands*. Edinburgh, 1860, in-8°, t. I, pp. 270-280).

(4) *La Découverte du Nouveau Monde par les Irlandais*, pp. 43, 44, 46, 47 et 61.

mexicaines, et à *Pays des Wabenakis* ou *Abenakis* (de *wabeya*, blanc) (1), branche des Algonkins qui s'est substituée aux blancs dans la péninsule laurentienne. La population blanche de l'Estotilanda devait y être établie depuis plusieurs siècles, puisque, au temps du pêcheur frislandais, « on n'y possédait pas la calamite et l'on n'y savait pas trouver le nord au moyen de la boussole » (2). Or, comme la calamite ou roseau sur lequel on faisait flotter la pierre aimantée dans un vase plein d'eau, est mentionnée dès 1190 par Guyot de Provins, elle était déjà fort connue en Europe dès le siècle suivant, puisque Albert le Grand en parle dans son traité *De Mineralibus* et Brunetto Latini dans son *Trésor*. Au dire de Philippe de Mézières (3), qui visita les pays scandinaves vers le milieu du XIVe siècle, les marins du Nord ne l'employaient pas encore (4). Mais alors, comment le pêcheur frislandais la connaissait-il ? C'est sans doute par l'usage qu'en faisaient les navigateurs vénitiens au service de Zichinni. Les Estotilandais n'en ayant pas notion devaient avoir quitté l'Europe avant 1200, ce qui nous rapproche de l'an 1000 où des Irlandais sont signalés dans la même

(1) E. Beauvois, *L'Élysée des Mexicains comparé à celui des Celtes*, dans REVUE DE L'HIST. DES RELIGIONS, nouv. sér., t. X, nº 3, nov.-déc. 1884, p. 273.

(2) Navigano, ma non hanno la calamità ne intendeno col bossolo la tramontana *(Rel. des Zeno*, p. 21).

(3) *Philippe de Mézières (1317-1405) et la Croisade au XIVe siècle*, par N. Jorga. Paris, 1896, in-8º, p. 249.

(4) Le *Landnámabók* ou *Livre de l'occupation* de l'Islande (part. 1re, ch. 2, p. 28 de l'édit. de Copenhague, 1843, in-8º), porte que, vers la fin du IXe siècle, on ne faisait pas usage de la *pierre-guide* (leidarstein) dans les pays septentrionaux. Comme le premier rédacteur de l'ouvrage, Aré Frodé, mourut en 1148, on pourrait croire que sa mention de la calamite est antérieure à celle de Guyot de Provins. Il n'en est rien : le passage où il est question de la boussole est une interpolation qui figure pour la première fois dans la rédaction du *Landnámabók* faite au commencement du XIVe siècle par Hauk, mort en 1334 (Voyez *Hauksbók*, Copenhague, 1892, gr. in-8º, p. 5, et *Landnámabók*, ibid., 1900, petit in-4º, pp. I et 5) ; on ne le trouve ni dans la rédaction de Sturla Thordarson, mort en 1284 *(Landnámabók*, 1900, pp. II et 130), ni dans la grande *Saga d'Olaf Tryggvason (Ibid.*, p. 263).

contrée (1). Il y a donc lieu de croire que les *Culnas* (possesseurs de crosses ou de croix) (2), ancêtres des Estotilandais civilisés à l'européenne et des *Crucian-taux* (3), et propagateurs du christianisme au Mexique dès le IXe siècle de notre ère, ont eu sans interruption jusqu'à la fin du XIVe siècle des successeurs de leur nation sur les rives du Saint-Laurent. C'est de l'un de ceux-ci qu'il nous reste à parler.

IV. LE PAYS CIVILISÉ AU SUD-OUEST DE L'AMÉRIQUE DU NORD

Sous le nom de Drogio, le pêcheur frislandais comprenait une partie du littoral des États Unis, d'où il regagna par mer l'Estotilanda et où il retourna plusieurs fois avec des gens de cette dernière contrée. Sur la flottille de douze bateaux avec laquelle il était parti une première fois pour Drogio il pouvait bien y avoir un ecclésiastique, ou tout au moins un catéchiste aussi instruit qu'on pouvait l'être dans l'Estotilanda : il était tout naturel en effet que les *Papas* (4) de ce pays, dont les prédécesseurs baptisaient les païens au Xe siècle (5) et avaient, dès le IXe, envoyé des missionnaires dans la région isthmique (6), en adjoignissent à l'expédition de 1375 (7) pour

(1) E. Beauvois, *La Découverte du Nouveau Monde par les Irlandais.*

(2) Id., *Les Papas du Nouveau Monde rattachés à ceux des Iles Britanniques et nord-atlantiques*, dans LE MUSÉON, t. XII, pp. 227-229. Louvain, 1893, in-8°.

(3) Id., *Les Derniers Vestiges du Christianisme, etc.*

(4) Id , *Les Papas du Nouv. Monde, etc.*, pp. 171-180.

(5) Id., *La Découv. du Nouveau Monde par les Irlandais*, p. 43, n. 3 (Ari..... var thar skirdr = Ari y fut baptisé) et pp. 46 et 47 ; et *La Grande-Irlande ou Pays des Blancs précolombiens du Nouveau Monde*, dans JOURNAL DES AMÉRICANISTES DE PARIS, 2e série t. I, n° 2, 1904, grand in-8°, p. 192, 196, 210-213.

(6) Id., *Les Papas du Nouv. Monde*, pp. 175-179, 183, 186, 213, 214 et 227.

(7) Voici comment l'on est arrivé à fixer cette date : Antonio Zeno, qui est qualifié de *quondam* (feu) lors du mariage de son fils Dragone en 1406

évangéliser les infidèles et prêcher contre les sacrifices humains et l'anthropophagie. La relation du pêcheur frislandais est muette à ce sujet, mais un vieux document mexicain supplée à son silence. Comme celui-ci est encadré dans d'autres pièces dont l'authenticité a été contestée, il faut commencer par examiner la question.

En 1617, les autorités et les habitants des bourgades de San-Estéban Axapusco et Santiago Tepeyahualco, de la juridiction d'Otumba à une soixantaine de kilomètres au nord de Mexico, craignant la perte totale d'un ancien titre lacéré et vermoulu, déposèrent l'original aux archives de l'Audience à Mexico et en demandèrent un duplicata. Le document, qui était (comme l'atteste dans les termes les plus formels (1) le secrétaire de la Chancellerie, Luis de

(Pl. Zurla, *Di Marco Polo*, etc. T. II, p. 20), avait passé quatorze ans en Frislanda, dont dix seul et quatre ans avec son frère Nicolò l'Ancien qui lui-même y était arrivé en 1390 (Voy. notre mém. sur *Les Voyages transatl. des Zeno*, pp. 354, 357) et qui était mort lors du mariage de son fils Tommaso en 1398 (Zurla, *Op. cit.*, t. II, pp. 19 et 20). C'est donc en 1392 au plus tard qu'il rejoignit son frère dans les îles Nordatlantiques. Celui-ci ne vivait plus vers 1395 (Zurla, *Op. cit.*, t. II, p. 19) lorsque Antonio écrivit une lettre (*Relat. des Zeno*, pp. 18 et 19), où il est dit que vingt-six ans auparavant, c'est-à-dire vers 1370, des pêcheurs frislandais avaient fait naufrage en Estotilanda. Ils y étaient depuis cinq ans (*ibid.*, p. 20) lorsque, vers 1375, ils furent envoyés à Drogio, dont quelques-uns d'entre eux parcoururent l'intérieur pendant treize ans (*ibid.*, p. 22), jusque vers 1388; le narrateur passa encore trois ans près du littoral, jusque vers 1390, enfin cinq ans en Estotilanda (*ibid.*, p 24, cf. *ibid.*, p. 19) jusque vers 1395, et pendant cet espace de temps il fit de nouveaux voyages à Drogio (les cinq dernières années ne sont pas exprimées dans le texte; mais nous les avons ajoutées pour compléter le chiffre de vingt-six ans). Ces dates ne peuvent être qu'approximatives, car, outre que le point de départ n'en est pas déterminé à quelques mois près, il n'est pas dit expressément qu'Antonio Zeno fût parti pour l'Estotilanda l'année même où le pêcheur en était revenu; on pourrait donc reculer d'un à deux ans les dates que nous avons adoptées.

(1) Certifico..... en cuando à la real ejecutoria original presentada, ser la misma sellada con el real sello de S. M., y firmada e refrendada en la forma acostumbrada, y ser de los mismos señores del Consejo Real de las Indias, como en ella se contiene (p. 3 de *Merced de H. Cortés à los caciques de Axapusco*, comme les documents en question sont intitulés par J. G. Icazbalceta qui les a publiés intégralement, d'après une copie de J.-F. Ramirez, dans *Coleccion de documentos para la historia de México*, t. II, 1866, pp. 1-24).

Tovar Godines) pourvu du sceau royal, des signatures des membres du Conseil des Indes, du contre-seing du greffier, fut par ordre du vice-roi copié avec indication des lacunes par un notaire royal. Ce duplicata, délivré le 29 mars 1617 par le notaire Juan de la Serna et conservé aux archives générales de Mexico (vol. 1446), comprend un *Certificat de l'allégeance* faite à Charles-Quint par deux *tlatoaniton* ou caciques du district d'Otumba (1517), une *Concession faite par Cortés à ces deux chefs indigènes* (16 décembre 1526), une *Ordonnance confirmative de Charles-Quint* (2 novembre 1537), un *Acte* par lequel l'Audience de Mexico en confia l'exécution à l'inspecteur Muñoz (19 janvier 1540), deux *Actes* de ce dernier (9 et 10 février 1540). Nous n'avons à nous occuper que de la *Concession*, dont nous devons d'abord traduire environ le premier quart (1), à cause des faits historiques qu'il contient :

« Attendu que moi, Don Hernan Cortés, capitaine-général et gouverneur pour S. M. de cette Nouvelle-Espagne et de ses provinces, au temps où je passai en ces contrées, avec des navires et des troupes, pour les pacifier et mettre leurs habitants sous la domination de la couronne impériale de S. M., comme elles sont à présent ; à mon arrivée et pendant mon séjour à la Villa-Rica de San-Juan de Ulua (2), le samedi-saint (3), le grand Montezuma qui résidait en cette grande ville de Mexico-Tenochtitlan, [maître] de toutes ces provinces, [m'] envoya de

(1) *Ibid.*, t. II, pp. 2-10.

(2) Aujourd'hui la Vera-Cruz.

(3) Qui tombait en 1519 le 23 avril. — Le débarquement à la Vera-Cruz avait eu lieu le vendredi-saint, 22 avril 1519, d'après les principaux historiens de la conquête espagnole. Cette date est généralement adoptée, sauf par le Dr Jacinto de la Serna, trois fois recteur de l'Université de Mexico, qui écrit : « Diez de Março que fué el dia que llegó el exmo Capitan Cortez á la Vera-Cruz » (*Manual de ministros de Indios*, du second quart du XVIIe siècle, édité dans le t. VI des ANALES DEL MUSEO NACIONAL DE MÉXICO, 1892, in-4°, p. 317 ; cf. pp. 328 et 344).

grands personnages nommés Pitalpitoque (1), Tendile (2) et Quintalbor (3), qui dit être son parent, avec divers autres chefs (4), pour se renseigner sur mon arrivée et sur mes desseins et pour me demander l'autorisation de peindre les figures des hommes et des navires, et m'offrir une grande quantité d'or et de draperies ; lesquels s'étant mis en mesure de nous faire des *jacales* (5) en branchages pour nous abriter contre l'ardeur du soleil, deux des principaux d'entre eux se firent comprendre, par paroles et par signes, de Doña Marina et de Gerónimo de Aguilar (6). Ils leur dirent sous le sceau du secret et [à condition] que le grand Montezuma, leur roi, seigneur et parent, n'en saurait rien, qu'ils promettaient de nous remettre les peintures et prophéties (7) de Camapichi (8), le premier

(1) *Cuitlalpitoc*, chez Sahagun, D. Duran, Tezozomoc, Torquemada, Ixtilxochitl, Bernal Diaz qui lui donne aussi le sobriquet d'Ovandillo.

(2) Même nom chez Bernal Diaz ; *Teudilli* chez Gomara ; *Tentlil* chez Sahagun ; *Tlillancalqui* ou *Teuctlamacazqui* chez D. Duran ; *Tilancalqui* chez Tezozomoc, qui l'appelle aussi *Teutliltzin* ou *Tentliltzin* ; *Teuhtlille* chez Torquemada, *Teotlili* chez Ixtilxochitl.

(3) Même nom chez Bernal Diaz ; *Quintalvor* chez Gomara, qui l'identifie avec *Teudilli* ; *Quitalbitor* et *Quintalvitor* chez P. Martyr. — *R* n'existant pas en nahua, cette forme ne peut être mexicaine. C'est peut-être un composé de deux mots espagnols, soit *quinto albore*, soit *quintal bitor* ou *vitor*, donnant soit la traduction du nom nahua, soit le déchiffrement de l'écu du personnage.

(4) La suite de Teudilli se composait de plus de 4000 hommes (Gomara, *Conquista de Méjico*, p. 312 de l'édit. de Vedia), parmi lesquels auraient bien pu se glisser deux ennemis de Montezuma.

(5) Du nahua *xacalli*, chaumière.

(6) Gomara (*Op. cit.*, pp. 313 et 314) nous apprend en effet qu'au moyen de ces interprètes F. Cortés put, dès son arrivée sur le littoral du Mexique, se mettre en communication aussi bien avec les Nahuas qu'avec les Totonacs de Cempoallan.

(7) Plus loin (pp. 10 et 11 du texte espagnol, cf. *infra*, p. 559), le même document parle de prophéties faites devant Acamapichi et d'autres faites par Montezuma (Ier).

(8) La forme nahua est *Acamapichtli* ou, avec le suffixe révérentiel *tzin*, *Acamapitzin* (le noble roseau). Selon des tableaux chronologiques réunis par Orozco y Berra (pp. 167-208, notamment 167, 171, 173, 174, 176, 177, 181, 182, 187, 193, 195, 196, 204 et 207 de son *Ojeada sobre cronologia mexicana*, en tête de *Crónica Mexicana* de Hernando Alvarado Tezozomoc. Mexico, 1878, gr. in-8°), l'avènement de ce prince eut lieu entre 1352 et 1384, son décès entre 1387 et 1426, de sorte que, d'après n'importe lequel

roi de Mexico-Tenochtitlan ; qu'elles nous seraient d'une grande utilité pour nous guider, nous encourager et pour le succès de notre entreprise. A ce que l'on comprit après les avoir invités à parler, ils n'étaient pas envoyés par Montezuma, mais amenés par les prophéties et par le ressentiment des vexations qu'ils essuyaient de la part du grand Montezuma (1). L'année précédente ils avaient été avertis comme aujourd'hui [de l'arrivée d'une flotte], mais en apprenant que Grijalva s'était rembarqué ils s'en retournèrent tout désappointés, attendant une [autre] occasion. Lors du passage dans leur bourgade desdits Pitalpitoque, Tendile et Quintalbor, ils allèrent à leur rencontre et, sous couleur d'amitié et pour leur tenir compagnie, ils sont venus avec eux et en profitent pour faire des révélations ; l'un nommé Tlamapanatzin est descendant du roi Camapichin ; l'autre nommé Atonaletzin est issu du roi Montezuma [Ier] et parent du roi actuel qui le renie pour avoir refusé de brûler les peintures et prophéties antiques. Cette fois, venant seuls et à l'insu de Montezuma [II], ils se déclaraient, désormais et à jamais, loyaux et fidèles vassaux de S. M. l'Empereur dont il a été parlé aux en-

des principaux historiens cités, il régnait au temps où le pêcheur frislandais et les compagnons qu'il y laissa en captivité visitèrent le pays situé au sud-ouest de Drogio.

(1) La juridiction d'Otumba, de laquelle dépendaient les bourgades des deux seigneurs, appartenait en 1519 au jeune Ixtlilxochitl qui disputait le royaume de Tezcuco à son frère aîné Cacama, fils du célèbre roi Nezahualpilli (J. de Torquemada, *Mon. ind.*, L. II, ch. 85, p. 225 du t. I ; Vetancurt. *Teatro Mexicano*, trat. II ; part. I, ch. 20, §§ 161, 162, p. 44 de la 1re édit. Mexico, 1698, in-4° ; *Cédule de Charles-Quint* (1551) publiée par J.-F. Ramirez dans *Diccionario univ. de hist. y de geogr.* Mexico, 1854, in-4°, t, IV, p. 865 ; Orozco y Berra, *Historia antigua y de la conquista de México*, T. III. Mexico, 1880, petit in-4°, pp. 507-509). Ce prétendant envoya secrètement des émissaires à F. Cortés pour l'avertir des dissensions qui régnaient dans les États de la fédération mexicaine (Fernando de Alba Ixtilxochitl, *Hist. Chichimeca*, ch. 80, p. 288 de l'édit. de Kingsborough ; cf. Orozco y Berra, *Op. cit.*, t. IV, pp. 138-140). Ces émissaires ne seraient-ils pas les seigneurs mentionnés dans la *Concession de Cortés ?* Quoi qu'il en soit, celle-ci est singulièrement corroborée par l'assertion de l'historien Tezcucain.

voyés du grand Montezuma, prêts à suivre la loi de Dieu et les commandements sans manquer à aucun (1) ; [ils demandaient] qu'après être entré à Mexico et avoir reconnu leur véracité et compris les peintures et prophéties antiques, je les fisse grands et seigneurs de leurs bourgades ; que pour eux, ils ne manqueraient pas de me remettre les dites peintures et livres de prophéties venant de leurs ancêtres, les premiers rois [de Mexico] (2).

» Moi, le dit Hernan Cortés, ayant entendu tout ce qui précède par l'interprétation de Gerónimo de Aguilar et de Marina, étant présents les capitaines....., les vassaux....., le P. Bartolomé de Olmedo et le licencié Juan Diaz, nous fûmes très satisfaits et nous nous applaudîmes [d'avoir reçu] de si précieux renseignements. Je régalai [les deux caciques] et je leur fis donner des verroteries bleues et vertes, leur disant que je les attendais avant douze jours avec les dites peintures et livres de prophéties. [Je leur expliquai] ce qu'il y avait à faire dans l'intérêt de notre sainte foi catholique pour le service de S. M. et pour la réussite de notre expédition dans la Nouvelle-Espagne. De plus, les susdits offrirent d'assembler [les leurs] pour

(1) Bien que cette pitoyable phraséologie d'un tabellion ne puisse avoir la prétention de reproduire exactement les paroles des caciques, il semblera étrange que, dès leur arrivée au camp de Cortés, ils fussent si bien instruits des doctrines chrétiennes; mais Bernal Diaz nous apprend que le P. Bartolomé de Olmedo fit, au moyen d'interprètes, des prédications qui furent bien comprises des envoyés de Montezuma *(Hist. de la Nouv.-Espagne*, ch. 40, p. 92 de la trad. de D. Jourdanet). P. Martyr atteste que les interprètes cubains se faisaient assez facilement comprendre non seulement des habitants de Campèche parlant le maya, idiome ayant de l'affinité avec le leur (Barbari appellant interpretes Cubenses nostros quorum idioma, si non idem, consanguineum tamen. *De Orbe novo*, Dec. IV, L. III, § 2, p. 16 de l'édit. de Madrid, 1892, in-18), mais encore des riverains du rio Grijalva qui dépendait de la fédération Culua (Hic Cubenses interpretes et hi [accolæ] sat commode conveniebant in lingua. Id., *ibid.*, § 3, p. 18). C'est ce qu'affirme également le P. B. de las Casas : « Entendian la [lengua de Tabasco] los cuatro [Indios] que habian preso en la canoa, en el Puerto Descado, y él de Cuba entendio á éstos, y éstos entendieron á los de Tabasco » *(Hist. gen. de las Indias*, L. III, ch. 111, p. 391 du t. II, de l'édit. de Mexico, 1877-1878, in-4°).

(2) Pages 4-7 de la *Concession de Cortés*.

les instruire à servir Dieu et notre seigneur et empereur Don Cárlos..... par affection pour nous et dans l'intention de gagner notre amitié et notre protection..... Ils nous supplièrent de leur donner un certificat de leur soumission à Dieu Notre-Seigneur et à S.M. En conséquence, eu égard au zèle des susdits, je leur promis qu'après avoir atteint le but de notre voyage....., je les comblerais tout d'abord d'honneurs en rémunération de leur noble dévouement et bon vouloir..... avec beaucoup d'autres explications relatives à notre sainte foi catholique, que le P. Fr. Bartolomé de Olmedo les exhorta [à suivre]..... Ils renouvelèrent avec tant de zèle..... la prière de ne pas laisser sans punition les graves méfaits de Montezuma et ses offenses à Dieu..... ; [disant] qu'il a beaucoup d'or pris de force et le trésor de son père Axayacatl, plein une salle, à l'état brut sans empreinte, ainsi que quantité de vases et de pots remplis d'émeraudes, de joyaux et de richesses qu'il faudrait enlever pour les envoyer à S. M. Ils prennent congé..... A cet effet on leur donna la présente (1), faite à San Juan de Ulua le vingt du mois de mars (2) de l'année 1519 de l'ère chrétienne, signé : *Don Fernando Cortés*. — Par ordre du capitaine Mon Seigneur : *Pedro Hernandez* (3). — De laquelle allégeance à S. M.,

(1) C'est-à-dire la promesse d'investiture qui devait être annexée à la *Concession de Cortés* et qui ne l'est plus.

(2) J.-F. Ramirez, qui soutenait l'authenticité de cette concession et qui a enrichi de savantes annotations le texte édité par ses soins dans la première *Coleccion* d'Icazbalceta, fait remarquer que *marzo* (mars, cf. p. 553, n. 3) serait un grossier anachronisme, Cortés n'ayant débarqué à la Vera-Cruz que le 22 avril 1519 ; mais que l'original portait sans doute *mayo* (mai) d'autant plus que les deux mots, sans doute écrits en abrégé selon la coutume des tabellions de ce temps, différaient fort peu. Dans ce cas il faudrait supposer que l'acte qualifié de *présent* n'avait pas été rédigé au moment du départ des deux caciques, mais une quinzaine de jours après leur retour.

(3) Dans sa liste des *Conquistadores*, dressée d'après d'anciens documents et publiée dans *Diccionario universal de historia y de geografia* (Mexico, 1855, in-4°, t. II, p. 499. Cf. la trad. de l'ouvrage de Bernal Diaz, par D. Jourdanet, pp. 885-891), Orozco y Berra cite Pedro Fernandez, avec le titre de Secrétaire de Cortés. Le nom s'écrivait indifféremment avec *F* ou *H*. Le prénom de ce Hernandez, secrétaire de Cortés et natif de Séville, n'est

faite en original, on donna [copie] auxdits caciques Tlamapanatzin et Atonaletzin (1).

» Le deuxième jour après le mois d'avril (2) de la dite année, à onze heures de la nuit, lesdits Tlamapanatzin et Atonaletzin, accompagnés de beaucoup de leurs Indiens, chargés de présents et de provisions, vinrent avec les peintures sur toile de *nequene* comme d'ordinaire et des livres de papier de maguey qui sont en usage chez eux, où tout est représenté par peintures, dessins et figures imparfaites de toutes sortes de choses du pays : arbres, montagnes, rivières, chemins, etc., sans exception ; en outre avec un bon écrivain, de ceux qui s'y entendent et étudient à cet effet ; ils étaient pourvus de fines baguettes avec lesquelles ils montraient et expliquaient le contenu,

pas mentionné par Bernal Diaz (*Verdadera historia de la Conquista de la Nueva España*, ch. 205, p. 505 de l'édit. de Vedia ; p. 819 de la trad. de D. Jourdanet). C'est probablement le même personnage qui signa *Pedro Hernandez* dans la lettre adressée à Charles-Quint par les partisans de Cortés (1520) et publiée par Icazbaleeta dans le t. I de sa première *Coleccion*, p. 455.

(1) Pages 7 et 8 de la *Concession de Cortés*.

(2) Le texte porte (p. 8) : « En dos dias del mes de Abril », mots qui sembleraient devoir être traduits par « Au deuxième jour du mois d'Avril », mais il y aurait là une contradiction flagrante avec ce qui précède, puisque le débarquement de Cortés à San Juan de Ulua n'eut lieu que le 22 avril. J.-F. Ramirez, que cet anachronisme embarrassait fort, supposait que le mot *vingt* avait été omis par le copiste et qu'il fallait lire le 22 avril. Dans cette supposition la difficulté ne serait pas moindre, puisque c'est seulement le lendemain, samedi 23 avril, que les deux caciques vinrent pour la première fois au camp de Cortés, et qu'il leur était accordé douze jours pour aller chercher les peintures qui furent apportées à Cortés, « en dos dias del mes de abril ». Ne convient-il pas de donner ici à *de* la signification de *desde* qu'il a parfois et traduire les mots ambigus par : « Au deuxième jour depuis le mois d'avril », c'est-à-dire le 2 mai, qui était le dixième jour depuis le samedi-saint, 23 avril ? Dans ce cas, les deux caciques n'auraient mis que *dix* jours au lieu de *douze* pour se rendre de la Vera-Cruz à Otumba et en revenir. C'est fort possible, car pour aller à Mexico qui est à peu près aussi éloigné du littoral, il suffisait de deux à trois jours (Las Casas, *Hist. gen.* L. III, ch. 121, p. 415 du t. II de l'édit. de Mexico ; Gomara, p. 315 de l'édit. de Vedia ; Bernal Diaz, ch. 29, p. 54 de l'édit. de Vedia ; Torquemada, *Mon. Indiana*, L. IV, ch. 18, pp. 389, 392 du t. I, de la 2e édit.). And. de Tápia, l'un des *conquistadores* se rendant à pied et en litière de Mexico à la Vera-Cruz, mit trois jours et demi à faire le trajet (Première *Coleccion* d'Icazbalceta, t. II, p. 587).

en suivant l'ordre. Aussi moi, ledit Hernan Cortés et ceux qui m'accompagnaient, restions-nous stupéfaits des grandes choses que nous voyions, du mode de gouvernement, des ordonnances, des prophéties, des commandements, des exécutions des sentences et des lois de ces contrées (1). En cinq jours, lesdits Tlamapanatzin et Atonaletzin avec leur secrétaire achevèrent de nous faire comprendre le contenu de ces peintures..... Nous rendîmes grâces à Dieu de la bonne fortune que nous avions eue de voir le tout pour notre gouverne et bonne réussite, et pour que l'on se rende compte des temps et des modes, il est nécessaire [d'exposer] devant S. M. Catholique les parties les plus importantes du contenu (2) :

» Sous le règne du premier roi, le grand Acamapichi, en 1384 (3), il vint un homme blanc et barbu, vêtu comme les *papas* (4) de ce pays (5), paraissant être prêtre et tenant un livre à la main. Il dit au roi, dans sa [propre] langue, qu'il était dans une grande erreur..... et que pour bien établir la paix entre eux..... il faudrait [s'entendre] à l'égard de sa succession, parce qu'il..... [détenait] le bien d'autrui, mais que le maître légitime était proche, et qu'il ne laisserait pour héritier aucun de ses fils ; qu'il ne fallait pas sacrifier ses semblables ; qu'il n'était pas nécessaire que l'on demeurât [anthropophage, étant suffisamment pourvu] d'animaux du pays, sans que l'on eût besoin de manger de la chair humaine ; que leurs idoles seraient renversées et que les Fils du soleil [hommes de l'Est] deviendraient maîtres de la contrée ; qu'ils la tyrannise-

(1) Dans le *Codex Mendoza*, publié par Kingsborough, on voit des peintures relatives à tous ces sujets, sauf les prophéties.

(2) Pages 8 et 9 de la *Concession de Cortés*.

(3) Cf. *supra*, pp. 551, note 7, et 554, note 8.

(4) Voy. sur eux notre mém. sur la *Tula primitive, berceau des Papas du Nouveau Monde*, dans Le Muséon. Louvain, 1891, in-8°, pp. 207-210.

(5) E. Beauvois, *Les Papas du Nouv. Monde*, pp. 176, 177, 227-229, 255. Pour la conformité du costume des papas mexicains avec celui des Papas du Nord de l'Amérique, voy. *infra*, pp. 562-563.

raient et s'empareraient des indigènes et de leurs biens, mais quiconque remplirait bien ses devoirs serait avantagé en tout et bien traité par eux (1). »

Il est inutile pour notre sujet de donner l'interprétation des autres peintures décrites dans cette *Concession* émanant de F. Cortés et datée du 16 décembre 1526, c'est-à-dire d'une année où la correspondance des cycles mexicains avec la chronologie espagnole était déjà assez bien établie et où l'on pouvait comprendre toutes les explications des deux caciques mieux qu'il n'avait été possible de le faire en 1519. L'original n'existant plus, il serait aussi difficile de démontrer l'authenticité de l'acte que hasardeux de la nier : la phraséologie peu conforme au style ordinaire de chancellerie, mais bien excusable chez un homme d'épée transformé en tabellion ; les erreurs de dates (relativement aux mois et aux quantièmes), qui ne sont peut-être qu'apparentes (si l'on tient compte des rectifications placées en note) et qui peuvent d'ailleurs être attribuées à l'inadvertance d'un scribe (2), n'ont pas empêché le vice-roi du Mexique, en 1617, de tenir la *Concession de Cortés* (1526) et la *Confirmation* de Charles-Quint (1537) pour émanées réellement du célèbre conquistador et des membres du

(1) Outre qu'il est nécessaire d'avoir constamment le texte sous les yeux pour juger si les explications ajoutées entre parenthèses, pour suppléer aux lacunes, concordent bien avec lui, ce passage est si important que nous devons le reproduire intégralement : « Estando el gran rey Acamapichi el primero, el año de 1384 vino un hombre blanco con barbas y vestido como papa de la manera de esta tierra, al parecer sacerdote, con un libro en las manos, y le dijo en su lengua que estaba muy engañado..... y que el obrar bien con la paz entre ellos..... sera cerca..... de su herencia, porque está.. .. [detentor] de cosas ajenas, y que el legitimo dueño cerca estaba ; y que ninguno de sus hijos dejara por sucesor ; y que no hiciesen sacrificios con sus prójimos, que no era fuerza.. .. lo demorase..... en animales de la tierra, y que no se sustentasen con carnes humanas, y que sus idolos habian de ser derrocados, y que los Hijos del sol se habian de señorear con la tierra y habian de tiranizarlos y de servirse de ellos y sus haciendas, y él que obrase bien en su empleo, en todo seria mejorado y siempre lograria él bien con ellos » (*Conces. de Cortés*, pp. 9 et 10).

(2) Un docteur, qui fut trois fois recteur de l'Université de Mexico, en commit une beaucoup plus grave en parlant du débarquement de F. Cortés à San Juan de Ulua (Voy. *supra*, p. 553, note 3).

Conseil des Indes. Le savant historien Orozco y Berra ne s'est pas fait scrupule de tirer parti de ce « document qui, malgré les objections, paraît être authentique (1) ». En admettant, comme nous n'hésitons pas à le faire, que l'acte d'allégeance délivré aux deux caciques en 1519, ait été remanié et interpolé en 1526, s'ensuivrait-il qu'il fût faux de tout point ? Nous ne le croyons pas. On peut en effet parfaitement concevoir que les deux caciques aient fait rédiger de nouveau en 1526 par Alonso Valiente, autre secrétaire de Cortés, l'attestation succincte de leur allégeance à Charles-Quint délivrée en 1519 par Pedro Hernandez, et qu'il se soit glissé des erreurs de date dans cette ampliation ; mais ils n'avaient aucune raison de falsifier ou de supposer les peintures auxquelles ils se référaient. En ce point qui eût été de peu de conséquence pour leurs prétentions, ils avaient tout intérêt à ne rien avancer qui fût contraire à la vérité et qui eût fait suspecter le reste. On verra plus loin que les prophéties sur les Blancs et la date à laquelle on les faisait remonter (1384 ou quatre générations avant l'arrivée des Espagnols) n'étaient pas de l'invention des deux caciques et que leurs contemporains en connaissaient d'analogues (2), « consignées dans les mémoriaux de leurs ancêtres », disent Bernal Diaz (3) et le P. Diego Duran (4). Les passages de la *Concession de Cortés* relatifs aux révélations et aux peintures des deux caciques n'ont donc rien d'invraisemblable et, lors même que le premier tableau, le seul

(1) Segun un documento que parece auténtico, no obstante no estar exento de contradiccion (*Hist. antigua*, t. IV, 1880, p. 139).

(2) Voy. les nombreuses sources citées dans notre mém. sur *Les Deux Quetzalcoatl espagnols : J. de Grijalva et F. Cortés* (dans Le Muséon, t. IV, Louvain, 1884, in-8°, pp. 469-473, 481, 482, 486 note 2, 487-492, 576, 578, 580, 584-588).

(3) Lo tiene señalado en los libros de cosas de memorias (*Verdadera historia de los sucesos de la conquista de la Nueva-España*, ch. 101, édit. de E. de Vedia, p. 103).

(4) En las profecias de sus antepasados y relaciones lo hallaba profetizado y escrito (*Hist. de las Indias de Nueva-España*, t. II, 1880, p. 35).

qui nous concerne ici, serait encadré dans un récit apocryphe, il n'en serait pas moins une précieuse source d'information, en ce qu'il nous permet de préciser la date des prophéties que le public savait assez vaguement avoir été faites quatre générations [ou 133 ans] avant l'arrivée des Espagnols de J. de Grijalva ou de F. Cortés. A deux ou trois exceptions près, tous les documents conservés s'accordent avec lui pour faire coïncider avec l'année 1384, sinon l'avènement (1), du moins le règne (2) d'Acamapichtli, premier roi de Mexico.

Le pays civilisé, plus chaud que Drogio et situé au sud-ouest, est trop bien caractérisé par ses villes, ses temples, ses sacrifices humains et l'androphagie rituelle (3), pour que l'on hésite à l'identifier avec le Mexique. L'homme blanc et barbu, qui y arriva en 1384, devait être étranger, puisqu'il parlait une langue différente du nahua, quoiqu'il fût vêtu comme un *papa* du pays. Cette conformité (4) de costume est à noter, car nous savons que celui des prêtres mexicains était identique tout à la fois à celui de nos ecclésiastiques et à celui des Toltecs de Quetzalcoatl. Ce personnage, qui fut le premier *papa* de Cholula (5) portait, par-dessus sa robe de moine en coton blanc, un manteau parsemé de croix de couleur (6). Ses compagnons les Toltecs « étaient bien vêtus, avec de longues robes

(1) J. Suarez de Peralta (*Descubrimiento de las indias*, ch. 12, p. 98, édité par J. Zaragoza dans ses *Noticias historicas de la Nueva-España*, (Madrid, 1878 in-4°) dit qu'il fut élu roi en 1384.

(2) Voy. les sources citées *supra*, p. 554, note 8.

(3) Voy., *supra*, livraison de juillet 1904, p. 138.

(4) Elle provenait tout simplement de ce que les *papas* indigènes avaient de parti pris imité les missionnaires chrétiens. Voy. les passages cités dans nos mém. sur *La Contrefaçon du Christianisme chez les Mexicains du moyen âge* dans Le Muséon, t. XVII, pp. 135 et 136, Louvain, 1898 ; et *Les Blancs précolombiens figurés et décrits dans les plus anciens documents du Mexique et de l'Amérique centrale*, dans Revue des Questions scientifiques, 2e sér., t. XVI, pp. 96, 97, 100-104, 107, Louvain, 1899, in-8°.

(5) *Codex Tellerianus*, p. 138 du t. VI de Kingsborough ; *Codex Vaticanus n° 3738*, *ibid.*, p. 177.

(6) A. de Tapia, *Op. cit.*, dans la première *Colecc.* d'Icazbalceta, t. II, p. 574 ; Gomara, *Conq. de Méjico*, p. 338 de l'édit. Vedia.

à la turque, faites d'étoffes noires comme des soutanes d'ecclésiastiques, ouvertes par devant et sans capuchon, à collet formé par échancrure, à manches courtes et larges qui ne descendaient pas au coude ; telles que celles dont les indigènes s'accoutrent encore aujourd'hui dans leurs ballets, *à l'imitation de ces émigrants* », dit J. de Torquemada (1). Les *papas* Totonacs des environs de la Vera-Cruz étaient vêtus de « très longs manteaux noirs à capuchon, comme en portent nos Dominicains ou nos chanoines à qui ils ressemblent » (2). De même les *papas* de Mexico « avaient pour vêtements des manteaux noirâtres en forme de draps de lit, de longues robes descendant jusqu'aux pieds et des espèces de capuchons ressemblant à ceux de nos chanoines, tantôt plus petits comme ceux des Dominicains, tantôt plus longs et descendant jusqu'à la ceinture ou jusqu'aux pieds » (3). — Ainsi, tandis que le *Papa* de 1384 se distinguait des Mexicains par la langue, il se rattachait par le costume, le teint blanc et la barbe, aux Toltecs de Quetzalcoatl et par eux aux *Papas* chrétiens des pays gaéliques. Un autre trait qu'il avait de commun avec ces derniers, c'est le livre qu'il tenait à la main. Tout prêtre chrétien devait être muni d'un bréviaire ; aussi les Columbites, qui fournirent des *Papas* à la Grande Irlande, s'adonnaient-ils à la transcription des ouvrages religieux (4) ; ils en avaient dans leurs établissements en Islande (5) ; il est vraisemblable qu'ils en emportèrent également dans l'Estotilanda, puisqu'il s'en trouvait dans la bibliothèque du roi à la fin du XIVe siècle (6), et que les Toltecs de Quetzalcoatl, passés de ce pays au Mexique dans le cours du IXe siècle,

(1) *Mon. ind.*, L. III, ch. 7, pp. 254 et 255 du t. I.
(2) Bernal Diaz, ch. 14, p. 12 de l'éd. de Vedia.
(3) Id., *ibid.*, ch. 52, pp. 45 et 46.
(4) Voy. notre mém. sur *Les Premiers Chrétiens des îles Nordatlantiques* dans LE MUSÉON, t. VIII, Louvain, 1888, in 8°, pp. 522 et 523.
(5) *La Découv. du Nouv. Monde par les Irlandais*, pp. 71 et 72.
(6) Voy. livr. de juillet 1904, p. 158, et *supra*, p. 548.

en étaient pourvus (1). Les habitants de Tlaxcala, évangélisés par eux, disaient qu'ils se conduisaient d'après de petits livres (2). La bibliophilie était un des traits caractéristiques des Columbites.

Les paroles de paix, la prohibition des sacrifices humains, les prédications contre l'idolâtrie cadrent bien avec l'idée que l'on se fait du caractère évangélique du *papa* de 1384 et complètent sa ressemblance avec le Quetzalcoatl du IXe siècle ; ressemblance telle aux points de vue de la physiologie, de la doctrine et du costume, que Montezuma II a pu confondre les deux personnages, quoique séparés, il ne l'ignorait pas, par un long espace de temps (3). Le second ne fit que répéter, probablement

(1) Sahagun, *Hist. gén.* L. III, ch. 15 ; L. IV, ch. I ; L. X, ch. 29, §§ 1, 12, pp. 218, 240, 658, 674 de la trad. franç.

(2) Muñoz Camargo, *Hist. de la république de Tlaxcallan*, trad. par Ternaux-Compans, 2e art. dans NOUV. ANNALES DES VOYAGES, 4e sér., t. XV, juill.-sept. 1845, p. 145. Cf. notre mém. sur les *Traces d'influence européenne dans les langues, les sciences et l'industrie précolombiennes du Mexique et de l'Amérique centrale* (dans REVUE DES QUEST. SCIENTIF., 2e sér., t. XI. Louvain, 1897, pp. 508-514).

(3) Les paroles de l'infortuné monarque sont tellement importantes pour notre sujet qu'il faut les reproduire, sinon textuellement, du moins dans la traduction qu'en a donnée F. Cortés : « Muchos dias há que por nuestras escrituras tenemos de nuestros antepasados noticia que yo ni todos los que en esta tierra habitamos no somos naturales della sino extranjeros y venidos á ella de partes muy extrañas ; é tenemos asimismo que á estas partes trajo nuestra generacion un señor, cuyos vasallos todos eran, el cual se volvió á su naturaleza, y después tornó á venir dende en mucho tiempo, y tanto, que ya estaban casados los que habian quedado con las mujeres naturales de la tierra, y tenian mucha generacion y fechos pueblos donde vivian ; é queriéndolos llevar consigo no quisieron ir, ni menos recibirle por señor ; y asi se volvió. E siempre hemos tenido que de los que dél descendiesen habian de venir á sojuzgar esta tierra y á nosotros, como á sus vasallos. E segun de la parte que vos decis que venis, que es á do sale el sol, y las cosas que decis deste gran señor ó rey que acá os envió, creemos y tenemos por cierto él ser nuestro señor natural... E por tanto vos sed cierto que os obedecerémos y tenerémos por señor en lugar de ese gran señor que decis... E pues estais en vuestra naturaleza y en vuestra casa, holgad y descansad del trabajo del camino » (F. Cortés, *Segunda carta de relacion*, du 30 octobre 1520, dans le t. I, p. 25 de *Historaidores primitivos de Indias*, édit. par E. de Vedia. Madrid, 1865, gr. in-8°). (Depuis bien longtemps nous savons par nos écrits relatifs à l'histoire de nos ancêtres que moi et tous ceux qui habitons cette terre nous n'en sommes pas originaires, mais bien étrangers et venus de

sans le savoir, les prédictions du premier sur la venue des Fils du soleil (hommes de l'Est, Blancs) qui soumettraient le Mexique et supprimeraient l'idolâtrie (1). Les prophéties, attribuées non seulement aux saints, mais encore aux païens et surtout aux druides, tenaient une si grande place dans les croyances et la littérature des anciens Gaëls, que E. O'Curry leur consacre non moins de trois chapitres sur vingt et un dans ses *Lectures on the manuscript materials of ancient Irish history* (2) ; on ne sera donc pas surpris d'en retrouver quelques-unes chez leurs coreligionnaires du nouveau monde (3). Celle de Topiltzin-Quetzalcoatl au IXe siècle, concernant les futurs

pays lointains. Nous savons aussi que notre génération a été amenée dans ces contrées par un seigneur dont tous étaient sujets et qui retourna dans sa patrie [le Quetzalcoatl du IXe siècle]. Il en revint longtemps après [le *Papa* de 1384], si longtemps que les gens restés ici, s'étant mariés avec les femmes indigènes, en avaient eu beaucoup d'enfants et avaient bâti des bourgades où ils vivaient. Lorsqu'il voulut les emmener avec lui, ils refusèrent de le suivre et même de le reconnaître pour seigneur. Il repartit donc. Nous avons toujours cru que ses descendants viendraient subjuguer cette terre et faire de nous ses vassaux. D'après ce que vous dites du pays d'où vous venez qui est situé au soleil levant, et du grand seigneur ou roi qui vous a envoyé, nous croyons et nous tenons pour certain qu'il est notre seigneur naturel... Aussi soyez assuré que nous vous obéirons et que nous vous reconnaîtrons comme seigneur au lieu et place du grand roi dont vous parlez... Étant dans votre patrie et dans votre maison, récréez-vous et reposez-vous des fatigues du voyage.) Il ne fut pas moins explicite dans un autre discours qu'il prononça devant tous les chefs des villes et contrées voisines de Mexico ; il dit de plus que le grand seigneur, en s'en retournant pour la seconde fois, « annonça qu'il reviendrait ou enverrait assez de forces pour les soumettre et les réduire à son service » (Dejó dicho que tornaria ó enviaria con tal poder, que los pudiese costreñir y atraer á su servicio. — Id., *ibid.*, p. 30).

(1) Voyez *supra*, note 2 de la p. 561.

(2) Dublin, 2e tirage, 1878, in-8°, pp. 382-434. — Cf. H. d'Arbois de Jubainville, *Introduction à l'étude de la littérature celtique*. Paris, 1883, in-8°, pp. 131-134.

(3) Il faudrait tout un mémoire pour exposer en détail, comme elles le méritent, celles qui étaient répandues dans les pays et chez les peuples qui avaient été en relation avec Quetzalcoatl et ses Toltecs ou leurs descendants : les Totonacs, Tula, Cholula, Tlaxcala, les Xochimilcs, les Chalcs, les Cuitlahuacs, les Mizquics, les Cholultecs de Nicoya dans le Nicaragua, les Mixtecs, les Mixes, les Zapotecs, les Mayas, les Tarascs du Michoacan, le Xalisco. Et dans cette énumération nous ne comprenons que celles qui ont rapport à la future domination des Blancs.

conquérants de race blanche doit être rapprochée de celle du *Papa* de 1384, si l'on veut comprendre les allusions de Montezuma au premier de ces Quetzalcoatl et à son avatar [de 1384], dont F. Cortés, confondu avec J. de Grijalva, aurait été une nouvelle incarnation. Il ressort de ces mémorables paroles que le chef des Blancs de l'Estotilanda, successeur de Quetzalcoatl qui avait émigré au IXe siècle de Teoculuacan dans la Grande Irlande pour civiliser les barbares du Mexique, avait déjà été regardé comme le maître légitime du trône détenu par Acamapichtli ; car c'était une opinion enracinée dans l'esprit des sujets de Montezuma II, que les Tenuchcs de Mexico, en se substituant aux rois de Teoculuacan (1), étaient devenus les lieutenants du Quetzalcoatl du IXe siècle, lequel avait promis de revenir occuper son trône ; que, les contemporains du *Papa* de 1384 ayant refusé de se soumettre à lui, Acamapichtli leur roi était un usurpateur et que ses successeurs devaient rendre la couronne soit à Quetzalcoatl (2), soit à son avatar personnifié au XVIe siècle, soit par Cortés, soit plutôt par Charles-Quint (3).

Ainsi, le roi de Mexico était regardé par les siens et se regardait lui-même comme un intrus, et il n'était pas difficile de conjecturer qu'après l'avoir renversé, les Blancs

(1) Voy. *Les Papas du Nouv. Monde*, pp. 184-188, 215-219, 223-225.

(2) Y fue tan creida su buelta de estos Mexicanos, que los que entraban reinando, recibian el reino con esta condicion, de que eran tenientes de su señor Quetzalcohuatl, y que en viniendo se lo dexarian, y le obedecerian, como vasallos, en él (J. de Torquemada, *Mon. ind.*, L. IV, ch. 14, p. 580 du t. I. Cf. Sahagun, *Hist. gén.*, L. XII, ch. 14, 16, pp. 801, 811 et 812 de la trad. franç.; D. Duran, *Hist. de las Indias*, t. II, pp. 5, 12, 85; Tezozomoc, *Cron. Mexicana*, ch. 107, p. 687 de l'édit. d'Orozco y Berra). De même dans l'Iran, les rois de Perse et les autres princes Schiites se regardaient comme de simples lieutenants d'Ali, gendre de Mahomet, et selon eux son légitime héritier. Aussi s'intitulaient-ils : *Ghulami Ali* (serviteur d'Ali); *Bendehi schahi vilayat* (esclave du roi du pays); *Kalbi Ali* (chien d'Ali), qui continua longtemps après sa mort a être tenu pour le vrai roi de Perse (J. Darmstetter, dans REVUE CRIT. D'HIST. ET DE LITTÉR., 24e année, n° 17, 28 avril 1890, p. 324).

(3) De même qu'il avait été personnifié en 1384 par le *Papa*, ou plutôt par le chef des Blancs de l'Estotilanda.

tyranniseraient ses sujets. Le *Papa* de 1384 n'avait pas besoin d'être un vrai prophète pour annoncer que les Européens, ayant une fois retrouvé le chemin du nouveau monde, n'auraient pas de peine à triompher de populations mal armées et feraient subir aux indigènes païens les mêmes traitements que les Croisés infligeaient aux infidèles. Mais il eût fallu être doué de prescience pour savoir ce qui arriverait à la mort d'Acamapichtli. Le trône de ce premier roi de Mexico restait fort précaire et l'on pouvait supposer qu'aucun de ses nombreux enfants ne lui succéderait. C'est ce que crut le *Papa ;* il se trompait(1), mais son erreur même prouve que la prédiction n'a pas été faite après coup et qu'on ne l'a pas remaniée pour la faire concorder avec les faits.

Malgré cette erreur palpable, la prédiction du *Papa*, renouvelée de celle du premier Quetzalcoatl historique, causa un tel émoi que les contemporains la gravèrent dans leur mémoire et la consignèrent dans leurs iconophones pour la transmettre à la postérité ; car c'est évidemment d'elle qu'il s'agit dans les peintures de Montezuma Ier (2) et dans un curieux passage de l'*Histoire ecclésiastique* de G. de Mendieta. D'après ce grave historien, les indigènes du Mexique « rapportaient que longtemps avant l'arrivée des Espagnols, quatre générations auparavant (3), les

(1) Puisque Huitzilihuitl, fils d'Acamapichi, fut élu roi après son père.

(2) Qui fut le cinquième roi de Mexico et qui régna selon les uns de 1440 à 1469 ; qui monta sur le trône selon d'autres entre 1436 et 1430 et mourut entre 1464 et 1480. Des magiciens qu'il avait chargés de faire une enquête dans les pays d'où venaient ses ancêtres rapportèrent de sinistres prédictions et, en effet, « l'on trouva dans les écritures et prophéties, que certains Fils du soleil [des Blancs] devaient venir de l'Est et expulser son dieu et détruire » les Mexicains (D. Duran, *Hist. de las Indias*, t. I, p. 229 ; Cf. notre mém. sur l'*Élysée des Mexicains,* dans Revue de l'Hist. des Religions, t. X, 1884, in-8°, pp. 318-327). C'est à quoi fait allusion un des tableaux présentés à Cortés par les deux caciques : « On lui annonça beaucoup de choses attristantes..... Il fit des livres de [ces] prophéties. » (Se le profetizó muchas res lastimosas..... este hizo libros de profecias. *Conces. de Cortés*, p. 11).

(3) En en comptant comme d'ordinaire trois par siècle, on a trois siècles un tiers, soit 133 ans, à retrancher de 1519, ce qui nous porte à l'année 1386,

pères et les mères, s'abouchant avec leurs fils et les vieillards avec les jeunes gens de la famille, leur annonçaient ce qui devait arriver : *Sachez*, disaient-ils, *qu'il viendra une race barbue, la tête couverte de coiffures comme des apaztles* (1), c'est-à-dire comme des bassins ou vases de terre, ou comme des couvercles d'amphores (2) (ils appelaient ainsi les chapeaux et bonnets qu'ils n'avaient jamais portés ou vus) : *ils viendront avec des vêtements de couleur* (également inusités chez eux). *A leur arrivée toutes les guerres cesseront ; la paix et la concorde régneront dans le monde entier* (ils parlaient ainsi dans la croyance que le monde ne s'étendait que jusqu'à la mer) ; *le monde sera ouvert ; on fera des chemins en toute contrée pour communiquer les uns avec les autres et aller partout.* Ils raisonnaient ainsi, parce que au temps de la gentilité tout était fermé ; ils ne communiquaient ni ne commerçaient les uns avec les autres, à cause des guerres continuelles qui régnaient entre les divers pays. *Alors*, ajoutaient-ils, *on vendra sur les marchés du cacao* (qui est une sorte d'amande dont ils font une boisson rafraîchissante) ; *on y vendra des plumes précieuses, du coton, des mantes*, et d'autres choses dont ils manquaient en beaucoup de contrées, tant ils étaient privés de commerce et de communications ; le sel même leur faisait défaut. Ils disaient en outre : *Alors périront nos dieux ; il n'y en aura plus qu'un seul au monde et il ne sera laissé qu'une*

bien rapprochée de la date que la *Concession de Cortés* donne pour l'apparition d'un *Papa* de race blanche.

(1) Ce mot entre dans la composition de *cuapaz*, nom par lequel les Mexicains désignaient les bonnets et les grands chapeaux des Espagnols, et que Orozco y Berra (dans son édit. de Tezozomoc, p. 692) décompose en *cuaitl*, tête, et *apaztli*, vase, le tout signifiant : couvre-chef en forme de vase. Ce composé était d'autant mieux forgé qu'il dépeignait l'objet et en même temps rendait à peu près le son du mot espagnol correspondant : *capacete*, cabasset, sorte de casque ou morion.

(2) « Como cobertores de las trojes ». *Troj* signifie d'ordinaire grenier, mais il a également le sens de grande amphore (Torquemada, *Mon. ind.*, L. IV, ch. 57, p. 472 du t. I).

femme à chacun de nous. Comment pourrons-nous vivre ? Sachez, enfants, que cela arrivera peut-être de votre temps, ou du temps de vos fils ou petits-fils (1). Les vieillards vivaient dans cette attente effroyable, transmettant de père en fils ces avertissements aux jeunes gens. Ces raisonnements qu'ils tenaient entre eux leur faisaient considérer avec beaucoup d'attention les phénomènes rapportés plus haut (2) et d'autres qui ne sont pas arrivés à ma connaissance. Ils les tenaient pour des pronostics de la future destruction de leurs dieux, de leurs rites et de leur liberté (3). »

L'exposé que l'on vient d'emprunter à Mendieta nous aide à comprendre la trop brève allusion que Montezuma fait aux mêmes prophéties dans un passage de Tezozomoc. L'infortuné monarque, ayant appris l'arrivée de Cortés et ayant constaté la conformité des anciens récits avec les peintures représentant les Espagnols, aurait dit : « Au bout de quatre générations qui se sont succédé, depuis que les nôtres meurent et se multiplient, ce qui fait de

(1) On voit par là que la prédiction n'indiquait pas, même approximativement, le temps où elle s'accomplirait. Ce sont les contemporains de Montezuma II qui, épouvantés par de terrible calamités (ravages des sauterelles, chute de neige, inondations, famine) et par des phénomènes peu ordinaires (ciel embrasé, comètes), joints à l'établissement des Espagnols dans les Antilles, et se voyant à la veille de la catastrophe annoncée, ont constaté qu'elle était connue depuis quatre générations. En tout cas, ce n'est pas Mendieta qui a ajouté cette date approximative pour la faire coïncider avec la prédiction de 1584 ; car il s'étonne que cet événement ait été prévu si longtemps d'avance (*Historia eclesiástica indiana*, édition de J.-G. Icazbalceta. Mexico, 1870, gr. in-8°, L. III, ch. 2, p. 181).

(2) Id., *ibid.*, pp. 178-180.

(3) Id., *ibid.*, pp. 180 et 181. Ce passage a été reproduit presque mot à mot par Torquemada, *Mon. ind.*, L. II, ch. 90, pp. 235 et 236 du t. I. De même A. de Vetancurt dit : « Las señas que en México precedieron [su ruyna] fueron grandes, porque los viejos decian á sus hijos, quatro generaciones antes, como avian de venir de el Oriente muchos hombres barbudos, que avian de poseer el reyno, y perecieran sus dioses. El año de 1505 hubo grande hambre » (*Teatro Mexicano*, part. III, trat. I, ch. 8, p. 125). Mais on ne peut donner ce témoignage comme original, ce n'est probablement qu'un écho soit de Mendieta que cite Vetancurt dans la liste des sources, soit de Torquemada qu'il abrège. Il ajoute, comme le P. Duran (voy. *supra*, p. 567, n. 1) que les conquérants viendraient de l'Est.

cent à cent ans (1), je suis en peine de savoir quelle race doit venir dominer dans notre pays » (2).

La prédiction contenue dans les passages soulignés de Mendieta ne peut avoir été faite que lors du passage au Mexique du pêcheur frislandais et de ses compagnons de captivité. La physionomie des futurs conquérants, leur costume, les allusions au monothéisme qu'ils professaient, la monogamie qu'ils devaient imposer, les relations commerciales qu'ils étendraient, la paix qu'ils établiraient, tout dénote qu'il s'agit là des Blancs, ces Fils du soleil annoncés à Montezuma I (3). La réalité de la prédiction de 1384 se trouve ainsi confirmée (avec une évidence que n'avait entrevue aucun de nos prédécesseurs) par deux documents (4) complètement indépendants l'un de l'autre et néanmoins concordants. Il est donc permis à la critique la plus sévère d'admettre qu'ayant été faite quatre générations avant la ruine de la fédération mexicaine, elle est identique à celle que les indigènes se transmirent oralement jusqu'à la fin du règne du Montezuma II et que ce prince entreprit vainement de supprimer en faisant brûler les peintures conservées par les descendants respectifs d'Acamapichtli et de Montezuma Ier (5). Leur auteur était blanc, barbu comme les futurs dominateurs du Mexique, vêtu comme eux à l'européenne et comme les *papas* indigènes, qui avaient eux-mêmes imité ceux de la Grande Irlande ou Estotilanda (6). Mais, outre que ses enseignements ne permettent pas de le confondre avec les prêtres Mexicains, il s'en distinguait par un trait caractéristique

(1) Les fractions de siècle ont été omises, mais l'original devait porter de 120 à 155 ans, selon que l'on compte 30 à 33 ans par génération.

(2) *Cron. mexic.*, ch. 108, p. 692 de l'édit. d'Orozco y Berra.

(3) Voy. *supra*, p. 567, note 2.

(4) Les histoires de Mendieta et de Tezozomoc ; nous n'ajoutons pas celles de Torquemada et de Velancurt qui reproduisent ou résument les assertions du premier.

(5) Voy. *supra*, p. 555.

Voy. notre mém. sur *Les Blancs précolombiens*, pp. 99-103.

de sa physionomie, car les Indiens étaient généralement imberbes (1), « ayant l'habitude de s'épiler de manière à ne garder aucun poil ; aussi furent-ils émerveillés de voir finalement venir avec Cortés les Espagnols pourvus de barbe, comme ce fait étrange et inusité chez eux leur avait été anciennement annoncé » (2). Aussi *barbudo* était-il, pour ceux qui savaient un peu d'espagnol, synonyme de *blanc*, d'européen (3). Le costume des hommes barbus ne tranchait pas moins avec celui des indigènes. Ceux-ci n'avaient pour coiffure que leurs tresses de cheveux attachés de diverses manières (4) ; les demi-mitres, que portaient exclusivement les chefs (5), servaient moins à couvrir la tête qu'à l'ombrager ; c'étaient des espèces d'écrans, larges sur le front, pointus en haut, qui étaient fixés sur le crâne au moyen de bandeaux (6). Les vêtements de couleur étaient, au dire du P. D. Duran (7), caractéristiques pour les *Papas* du IXe siècle, par suite pour ceux du XVIe, qui les imitaient en ce point (8), et en même temps pour le *Papa* de 1384, ainsi que pour ses congénères donnés par lui comme prototypes des futurs dominateurs (9).

De la sorte, on peut attribuer à un seul personnage la prédiction de 1384, celle dont parle Mendieta et celle qui était consignée dans les iconophones de Montezuma l'An-

(1) Antonio de Herrera, *Historia general de los hechos de los Castellanos en las islas i tierra firme del mar Oceano*, 2e édit. Madrid, 1730, in-fol. Déc. IV, L. X, ch. 3, p. 209 ; Déc. VII, L. I, ch. 9, p. 14.

(2) Mendieta, *Hist. ecles. ind.* L. II, ch. 13, p. 96.

(3) Gomara, *Conq. de Méjico*, p. 305 ; J. de Villagutierre y Soto-Mayor, *Historia de la conquista de El Itza*. Madrid, 1701, in-fol., pp. 44, 46, 49. Cf. notre mém. sur *Les Blancs précolombiens*, pp. 83-92, 99.

(4) *Relazione di alcune cose della Nuova-Spagna per uno gentil'uomo del S. Fernando Cortese*, dans le t. I, p. 377 de la première *Col.* d'Icazbalceta.

(5) Torquemada, *Mon. ind.*, L. XI, ch. 31, p. 369 du t. II.

(6) Voy. *Les Blancs précolomb.*, pp. 104 et 105.

(7) *Hist. de las Indias*, t. II, p. 76.

(8) Voy. *supra*, pp. 562 et 563.

(9) Voy. *Les Blancs précol.*, pp. 99-105.

cien. En les combinant, avec les documents qui nous les font connaître, il est facile de reconstituer à grands traits la physionomie de leur auteur. Ce n'était pas un *papa* du Mexique, pas même un descendant des indigènes qui avaient été évangélisés par les *Papas* columbites, car il était blanc et barbu comme les *Papas* gaëls, établis depuis le IXe siècle dans la Grande Irlande (1), le pays des Scots (Estotilanda), où la civilisation européenne s'était maintenue jusqu'au XIVe siècle, ainsi que le christianisme puisqu'on y conservait encore des livres latins. Le pronostiqueur était également muni d'un livre, comme devait en avoir chaque *papa* columbite ; son costume, ses doctrines, ses idées humanitaires, comme les leurs, dénotent que c'était un chrétien, et vraisemblablement un de ceux qui étaient partis de l'Estotilanda avec le pêcheur frislandais, qui avaient été emmenés en captivité avec lui et qu'il avait laissés au Mexique, en le quittant vers 1388. Leur présence dans ce pays au temps où les documents mexicains attestent qu'il y alla un homme blanc, barbu, civilisé, est une preuve suffisante de la bonne foi du pêcheur, et, par suite, de la véracité des Zeno, qu'il eût été impossible de démontrer en ce point, sans ces indéniables et concluantes coïncidences !

EUG. BEAUVOIS.

(1) Voy. nos mém. sur *La Découv. du Nouveau-Monde par les Irlandais* et sur *La Grande-Irlande.*

VARIÉTÉS

I

LA FORTIFICATION DU CHAMP DE BATAILLE

L'emploi du métal et du béton a élevé la fortification permanente à un haut degré de puissance et, malgré les progrès extraordinaires de l'artillerie, qui en l'espace d'une trentaine d'années s'est perfectionnée davantage qu'elle ne l'avait fait depuis son apparition sur le champ de bataille, la cuirasse a vaincu le canon et la défense l'emporte sur l'attaque. A des distances variant entre 1200 et 1700 mètres, il faudrait 4000 coups pour avoir chance de détruire une coupole. Je ne parle pas de la fortification navale ; la guerre russo-japonaise a prouvé la faiblesse des vaisseaux de premier rang vis-à-vis des mines et des torpilles.

Mais si coupoles et bétonnages procurent une protection quasi parfaite, il n'en est pas de même dans tous les cas des retranchements de campagne. Une autre différence sépare encore la fortification permanente et la fortification passagère, et plus les moyens et le temps mis au service de cette dernière sont restreints, plus elle s'accentue. Alors que la fortification permanente, dans ses organes de défense éloignée, tend à s'affranchir du tracé et à se soustraire à l'influence du terrain, la fortification passagère demeure intimement liée aux mouvements du sol et, bien qu'elle ait rejeté toute complication de formes et de figures, est obligée par les circonstances topographiques et tactiques à de nombreuses combinaisons. Comme le combat, dans lequel elle apporte une aide précieuse, elle vit de variabilité, de surprise et d'imprévu. Cependant le contraste n'est point absolu : la *permanente* ne se confine pas en des systèmes simplistes et rigides ; la *passagère* n'échappe pas à une certaine réglemen-

tation. L'une et l'autre sont souvent unies par des relations étroites et nécessaires ; il en est ainsi dans la guerre de siège où s'impose une résistance à la fois passive et matérielle, active et vivante.

Considérée dans l'ensemble de son domaine, la fortification, suivant son étendue, sa puissance, sa durabilité et sa destination, comporte des genres et des degrés. Plus voisine de la *permanente* que de la *passagère* se place la *mixte* ou *semi-permanente*. La *passagère* qui, dans son expression élémentaire, s'appelle *fortification rapide* ou *improvisée*, s'adresse à différents objets : lignes de blocus, lignes de communication, défense des défilés, têtes de pont, organisation des champs de bataille.

Le major du génie Deguise, professeur à l'École d'application de l'artillerie et du génie de Bruxelles, a publié récemment sur la fortification passagère et la fortification mixte ou semi-permanente un livre (1) qui est une bonne fortune pour les spécialistes. Ce livre comprend trois parties intitulées : *Essai historique. La fortification depuis l'antiquité jusqu'à la fin du XIXe siècle. — La fortification passagère contemporaine. — Les applications contemporaines de la fortification passagère et de la fortification mixte ou semi-permanente.*

Malgré que l'essai historique ne s'occupe pas autant de la fortification permanente et de la poliorcétique que de la fortification passagère et de la fortification mixte, il constitue un tableau de l'art défensif depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Quant aux deux autres parties, elles forment un exposé scientifique et dogmatique complet de nature à accroître la réputation de son savant auteur, dont les écrits sont de longue date universellement appréciés à l'étranger.

Je renonce à l'analyse entière de cet important ouvrage. J'en détacherai seulement les faits capitaux et les principes essentiels relatifs à la fortification du champ de bataille. Ce ne sera pas inopportun. Plusieurs n'ont-ils pas prétendu dans ces dernières années que l'art défensif était réduit en campagne à des échappatoires et à des expédients et que les progrès de l'artillerie en rendaient l'emploi presque illusoire ? C'était méconnaître que la fortification ne se borne pas à fournir aux troupes et au matériel

(1) *La Fortification passagère et la Fortification mixte ou semi-permanente*, par V. Deguise, major du génie, professeur de fortification à l'École d'application de l'artillerie et du génie. Un volume et un atlas. Bruxelles, 1904, Polleunis et Ceuterick.

un couvert plus ou moins efficace ; elle facilite aussi l'action de la défense, retarde la marche de l'assaillant, l'arrête sous le feu et, en dehors du théâtre même de l'action, contrarie les mouvements de l'adversaire et favorise ceux des colonnes amies. Loin d'avoir déchu, elle fournit des ressources nouvelles à ceux qui s'en servent avec compétence et avec à-propos.

La fortification du champ de bataille remonte à la plus haute antiquité. Les chariots jointifs, dont les migrations armées entouraient leurs campements, montrent qu'à l'origine des temps historiques l'homme recourait dans le combat à des méthodes défensives. Ces chariots, au milieu desquels les guerriers des premiers âges gardaient leurs biens et enfermaient les vieillards, les femmes et les enfants, sont les rudiments de la castramétation. Cette science, chez les Grecs, fut vague et instable; ils préféraient asseoir leurs camps sur des positions naturellement fortes que de suppléer à l'insuffisance des obstacles naturels par la fortification; de là un mode de camper essentiellement variable. Les Romains portèrent la castramétation à une perfection non égalée depuis eux. “ Ils ne comptent pour rien, dit Polybe, la peine de creuser le fossé et d'exécuter les autres travaux, en comparaison de la facilité et de l'avantage qu'ils trouvent à camper toujours de la même façon. „ Je ne ferai que citer les *castra hiberna*, où l'armée prenait ses quartiers d'hiver, et les *castra stativa*, camps permanents élevés aux frontières de l'empire pour leur surveillance et leur défense ; seuls les *castra aestiva* ou camps de marche se rapportent à mon sujet. Ceux-ci avaient une destination provisoire ; on les construisait à la fin de l'étape pour y passer la nuit ou en prévision d'un séjour de courte durée. En voici les dispositions élémentaires : ils formaient un vaste carré entouré d'un massif terrassé, l'*agger*, de trois pieds de hauteur, revêtu extérieurement de gazon et de fascinages, précédé d'un fossé et surmonté d'une rangée de pieux, le *vallum*. Les troupes s'y établissaient en ordre de rassemblement, prêtes à faire face aux attaques d'où qu'elles vinssent. Par une réglementation précise et sévère et une solide instruction technique les Romains parvenaient en trois ou quatre heures à construire un camp qui leur servait d'appui pendant la lutte, de refuge en cas de revers. Leurs armées comprenaient des ouvriers spéciaux, analogues aux pionniers modernes, que commandait un préfet, *praefectus fabrorum*, mais tous les légionnaires concouraient à l'exécution des travaux de campagne. “ Indépendamment de leurs armes, qui ne leur

pèsent pas, dit Cicéron, parce qu'ils les regardent comme leurs membres, ils portent des vivres, des outils et au moins un pieu pour construire le *vallum*. „ Les soldats de Scipion étaient munis de vivres pour un mois et de sept pieux. Végèce compare une armée consulaire chargée de ses outils et de dix-huit mille pieux à une forteresse ambulante. “ Les Romains, écrit Napoléon, doivent la constance de leurs succès à la méthode, dont ils ne se sont jamais départis, de se camper tous les jours dans un camp fortifié, de ne jamais donner bataille sans avoir derrière eux un camp retranché pour leur servir de retraite et renfermer leurs magasins, leurs bagages et leurs blessés. „

La chute de l'Empire romain livre l'Europe aux Barbares et l'art défensif, comme tous les autres, subit une profonde décadence. La fortification passagère fut plus longtemps encore à s'en relever que la fortification permanente. Avant sa rénovation, due au génie des princes de Nassau, et seulement accomplie lors de la guerre de l'Indépendance des Pays-Bas, à peine existe-t-il, au cours de la guerre de Cent ans, quelques exemples de son emploi méthodique à Crécy, à Poitiers, à Azincourt.

Jusqu'à l'invention des armes à feu, la fortification passagère ne connut pas de profil plus parfait que celui des Romains. Le canon et le mousquet obligèrent à des modifications considérables. Au *vallum* fut substitué un parapet terrassé de 1 mètre à 2 mètres et demi d'épaisseur, d'autant plus élevé que le retranchement était plus important, derrière lequel, à 1 m. 30 cm. en contre-bas, hauteur d'appui de leur arme, s'établissaient les mousquetaires. Au fossé de forme trapézoïdale on donna suffisamment de largeur et de profondeur pour qu'il constituât un obstacle sérieux, accru ordinairement par de nombreuses défenses accessoires. Les retranchements dominant le sol d'assez haut, devant eux s'étendait un espace, appelé *angle mort*, que les défenseurs ne parvenaient pas à battre de feux directs. En conséquence, les tracés se composaient de rentrants et de saillants alternatifs de façon que les différentes parties de la fortification se flanquassent les unes les autres. Les tracés angulaires peuvent varier à l'infini et les ingénieurs des XVIe et XVIIe siècles firent usage des figures géométriques les plus diverses.

A l'époque de la guerre de l'Indépendance des Pays-Bas, les vieilles bandes espagnoles possédaient une solidité qui n'était nulle part surpassée ; les princes de Nassau virent dans les forteresses le moyen de défense le plus efficace à leur opposer. Le siège devint l'opération capitale de la campagne et les assié-

geants résistaient dans leurs lignes aux efforts combinés de la garnison et de l'armée de secours. Les circonstances réduisirent les princes de Nassau à une forme imparfaite de l'art militaire et ce ne fut qu'après eux que, dans les temps modernes, Gustave-Adolphe pratiqua le premier la grande guerre; fort de sa propre supériorité et de l'excellence de ses troupes, le héros de la guerre de Trente ans s'affranchit le plus souvent des lenteurs des sièges et chercha à frapper des coups décisifs en rase campagne. Turenne suivit son exemple et n'investit les forteresses qu'à regret.

Au milieu du XVIIe siècle le perfectionnement des armes à feu conduisit à une application inédite de la fortification passagère. Jusqu'alors le choc était demeuré de loin l'affaire principale du combat et on évitait sur le champ de bataille tout ce qui pouvait arrêter l'élan et diminuer la cohésion des troupes, comme les hameaux, les villages, les bouquets de bois et, en général, les couverts de quelque importance. Pour tirer parti de la puissance du feu on détacha les mousquetaires dans les localités situées en avant du front et en dehors des flancs; ils s'y retranchaient et y défiaient les attaques des piquiers et de la cavalerie. C'était un changement complet de tactique qui, pliant la fortification à des conditions nouvelles, inaugurait un procédé des plus efficaces. Désormais, l'occupation des localités devint une habitude et on y consacra de nombreux effectifs.

Turenne, qui avait fait ses premières armes sous son oncle maternel Maurice de Nassau, connaissait la fortification et en appréciait la valeur, mais il n'en usa qu'avec modération, se contentant de couvrir sa première ligne d'infanterie par des redans précédés d'abatis. Le tout était exécuté en quelques heures ; les outils étaient portés en trousse par les dragons. De tous les généraux que Condé et Turenne combattirent, Mercy fut celui qui utilisa le mieux sur le champ de bataille les propriétés défensives du terrain ; il ne traînait en principe à sa suite d'autres chariots que ceux de munitions et d'outils. En 1645, à Allerheim, où il fut blessé mortellement, le village portant ce nom était si solidement fortifié que les Français ne purent s'en emparer. La bataille resta indécise et si les Bavarois quittèrent le lieu de l'action un peu après minuit, ils n'en eurent d'autre raison, selon l'avis même de Turenne, que celle d'avoir perdu leur chef.

Pendant une partie du XVIe siècle, les travaux de fortification furent ordinairement exécutés par des compagnies de pionniers.

Sous Charles-Quint, chaque régiment de lansquenets en possédait une de quatre cents hommes et était doté d'un parc d'outils. Dans l'armée d'Alexandre Farnèse les pionniers formaient un corps ; au besoin, l'infanterie les aidait dans leur tâche. Au XVIIe siècle l'emploi des troupes spéciales devint de moins en moins fréquent et, dans la plupart des cas, pour y suppléer, on enrôlait ou on réquisitionnait des paysans. En vain les généraux les plus célèbres s'efforcèrent-ils de vaincre la répugnance des fantassins à manier la pelle et la pioche.

A la fin du XVIIe siècle, la fortification passagère cessa de favoriser le jeu des éléments mobiles et vivants du combat. A cette époque, comme au début du XVIIIe siècle, la bataille, sauf exception, ne fut plus acceptée que sur une position reconnue et organisée longtemps à l'avance. On se laissa entraîner à un regrettable abus de dispositions défensives que compliquèrent d'inutiles recherches de profil et de tracé. Une ligne continue de retranchements et de défenses accessoires garnissait le front et entourait les ailes, rempart presque aussi infranchissable à ceux qu'il protégeait qu'à l'ennemi lui-même. La fortification riva l'armée au sol, lui enleva la faculté de tout acte décisif et, malgré sa prétention de conformer ses procédés aux progrès de l'armement, confina la tactique dans la défensive passive, la pire de ses expressions. Heureusement cette méthode inféconde tomba assez tôt en discrédit.

Maurice de Saxe, dans ses *Rêveries*, condamna cet emploi excessif de la fortification et compara ironiquement les retranchements continus aux murailles de la Chine. Selon lui, il fallait les remplacer par des redoutes, c'est-à-dire, par des points d'appui séparés par des intervalles. Ce grand capitaine appliqua ses idées, en 1745, à Fontenoy, où cinq redoutes furent construites sur le front des Français et rendirent inutiles les efforts réitérés des Alliés. Grâce au terrain demeuré libre entre les ouvrages, le maréchal prit l'offensive et remporta le plus éclatant succès.

Après Fontenoy, les exemples de champs de bataille judicieusement organisés sont rares. A Jemappes, en 1792, le front de l'armée autrichienne est couvert par quatorze redoutes armées de trente-six bouches à feu ; à Caldiero, en 1805, l'archiduc Charles élève de nombreux points d'appui terrassés pourvus de canons et d'obusiers ; à Borodino, en 1812, l'armée russe se retranche solidement : au centre, une grande redoute carrée est armée de douze canons, vingt et une bouches de feu garnissent les autres

ouvrages ; à Toulouse, en 1814, le maréchal Soult construit sept redoutes. Ce sont des exceptions ; en général, à l'époque napoléonienne, des fermes, des châteaux, des localités, des bouquets de bois très sommairement organisés, et parfois pas du tout, constituèrent les centres de résistance du champ de bataille. La méthode de guerre de l'Empereur avait bouleversé toutes les habitudes et la fortification empêtrée dans des procédés lents et compliqués ne parvenait plus en temps voulu à procurer son aide à des troupes toujours sur le qui-vive, souvent surprises en délit de manœuvre ou attaquées dès qu'elles prenaient position. En moins de trois quarts de siècle on était tombé d'un extrême dans un autre en passant d'un emploi abusif des moyens défensifs à leur suppression presque complète. Rien d'étonnant si l'aversion de l'infanterie à remuer la terre, déjà vive au XVIIe siècle, ne fit que s'accentuer. Elle devait subsister longtemps puisque les Allemands, dans leur relation officielle de la campagne de 1870-1871, la signalent encore comme éprouvée par leurs troupes.

Cependant Napoléon avait compris l'importance de la fortification passagère et en regrettait l'abaissement. “ Cette partie de l'art de la guerre, a-t-il dit, n'a fait aucun progrès depuis les anciens ; elle est même aujourd'hui en dessous de ce qu'elle était il y a deux mille ans. „ — “ Il y a cinq choses, affirmait l'Empereur, qu'il ne faut jamais séparer du soldat : son fusil, ses cartouches, son sac, des vivres pour quatre jours et un outil de pionnier. „ On devait attendre longtemps la renaissance de l'art.

Au commencement du siècle dernier, Rogniat et, après lui, Laisné recherchèrent, il est vrai, une solution n'exigeant que quelques heures de travail et qui permît au défenseur de pratiquer l'offensive, mais leurs systèmes ne comportaient pas d'ouvrages fermés, seuls capables de constituer de solides centres de résistance, et se composaient d'éléments symétriques. Cette symétrie était vicieuse, car elle supposait, suivant la remarque du colonel du génie Delambre, de la simultanéité et surtout de l'uniformité dans la lutte. C'était prétendre subordonner la réalité à de pures formules et à des dessins géométriques. En 1868, le colonel autrichien Pidoll a versé dans les mêmes erreurs.

Cependant, avant cette date, la guerre de la Sécession d'Amérique avait inauguré pour la fortification passagère une ère nouvelle. Tant que l'action des armes et, en particulier, celle du fusil ne s'exerça pas à grande distance, des deux éléments essentiels du retranchement, l'obstacle et le couvert, le premier joua un rôle considérable. Par l'accroissement de la puissance

et de la portée des projectiles le couvert n'a cessé d'acquérir de plus en plus d'importance. Se couvrir est devenu — ce sont les termes du général von Scherff — une condition de vie ou de mort. C'est dans le but de se procurer une protection indispensable que pendant la guerre de la Sécession on imagina la tranchée-abri, retranchement sommaire composé d'une fouille de faibles dimensions dont la terre rejetée du côté de l'ennemi préservait des effets de la fusillade. La tranchée-abri ne donnait pas que ce seul avantage : elle n'offrait qu'un but restreint au tir percutant de l'artillerie, elle était d'une construction rapide et facile, enfin, elle permettait l'offensive car le défenseur pouvait aisément la franchir pour se porter en avant.

Après la guerre de la Sécession et à la suite d'entretiens avec les généraux Schefield et Beauregard, Napoléon III ordonna d'expérimenter la tranchée-abri. Les expériences eurent lieu au camp de Châlons sous la direction du maréchal de Mac-Mahon ; elles furent concluantes et la tranchée-abri fut adoptée en Europe. Le fossé continua à constituer l'obstacle, parfois concurremment avec des défenses accessoires disposées sur les talus et au fond du fossé lui-même.

Les perfectionnements de l'armement ne tardèrent pas à amener une modification des premiers types de tranchées-abris. Il s'agissait de protéger les hommes contre les balles et les éclats des shrapnels lancés par les canons. Il fallut approfondir la tranchée et la pourvoir de gradins où s'asseyaient les défenseurs. Cet approfondissement, même réduit au minimum, eut pour conséquence la diminution des dimensions du fossé, d'autant plus qu'on recherchait simultanément les moyens de rendre les retranchements moins visibles en abaissant leur relief. Le fossé cessa de constituer la totalité ou une partie de l'obstacle ; les défenses accessoires seules le formèrent.

Mais bientôt l'obus-torpille, dont l'explosion projette des éclats dans tous les sens, fit son apparition et l'artillerie de campagne fut dotée d'obusiers et de mortiers de moyen calibre qui permirent l'emploi du tir plongeant. Il sembla tout d'abord qu'il fût devenu impossible par n'importe quelle combinaison de terrassements de se protéger même incomplètement contre les nouveaux projectiles et contre les nouvelles bouches à feu. En pratique, on reconnut quelques années plus tard que les craintes de la première heure avaient été exagérées. Néanmoins, obusiers, mortiers et obus-torpilles réclament l'emploi de blindages.

Souvent sur le champ de bataille cette ressource échappera ; c'est le côté faible de la fortification improvisée.

La lutte de mousqueterie commence aujourd'hui à grande distance ; à 1200 mètres, quelquefois davantage, le feu cause des pertes appréciables, à 600 ou 700 mètres il est très efficace, à 400 mètres il est foudroyant. L'intérêt de la défense est d'opposer de face à l'assaillant le plus grand nombre possible de fusils et les retranchements doivent être normaux à la direction des attaques. De cette nécessité découle la suppression des tracés angulaires jadis en usage et qui comportaient une complication de formes bien faite pour retarder la conception et l'exécution des travaux défensifs. Le tracé dans ses éléments a acquis une remarquable simplicité ; la règle ordinaire sera de lui donner comme directrices les courbes de niveau du terrain, mais cette simplicité exclut toute figure préconçue et exige dans l'application un coup d'œil exercé. La prépondérance accordée à une action frontale énergique ne supprime pas l'emploi des feux d'écharpe et de flanc et des feux croisés, mais ils ne seront que des auxiliaires dont on usera pour autant que les circonstances s'y prêtent.

Les retranchements occupés par l'infanterie ne seront point garnis de canons dont il serait impossible pendant la lutte d'artillerie d'assurer l'invulnérabilité, mais il semble qu'il convienne de pourvoir les principaux d'entre eux de mitrailleuses automatiques montées sur affûts-trépieds et rapidement transportables d'une position d'attente à la position de combat.

Les efforts intelligents et persévérants des ingénieurs sont parvenus à notre époque à marier intimement dans toutes ses parties la fortification passagère à la tactique ; c'est pourquoi elle possède, malgré le prodigieux essor de l'artillerie de campagne, une valeur qu'elle n'avait plus connue depuis les princes de Nassau en ce qui concerne l'ensemble de ses applications et qu'elle n'a peut-être jamais atteinte, si on ne considère que son rôle sur le champ de bataille. Ce rôle nécessite un outillage nombreux ; souvent, pendant la guerre de 1870-1871, les Français et les Allemands regrettèrent l'insuffisance du leur. Les généraux russes, et surtout Skobeleff, ont démontré après les opérations de 1877-1878 l'inconvénient, voire le danger, pour les troupes de ne point disposer immédiatement de leurs outils. Aussi, dans les armées contemporaines, les fantassins sont-ils munis d'outils portatifs de poids réduit qu'ils utilisent avant l'arrivée du parc. D'autre part, on leur enseigne à exécuter les travaux les plus

simples de fortification, à coopérer aux autres et ils ont appris à remuer la terre sans hésitation et sans dégoût.

L'esquisse historique précédente fera mieux comprendre ce que je vais dire de l'état actuel de la fortification du champ de bataille. J'en étudierai d'abord les éléments. Le plus simple est la tranchée-abri dont le parapet, d'un mètre d'épaisseur au moins en terre ordinaire, arrête les balles du fusil, les balles et les éclats du shrapnel. La tranchée-abri est construite pour tireurs à genou ou pour tireurs debout, rarement pour tireurs couchés. Elle comprend une position de combat et une position d'attente. Dans celle-ci les hommes sont assis, adossés à la masse couvrante ; ils y sont soustraits aux effets de l'éclatement des shrapnels des canons et sont peu exposés aux balles et aux éclats des shrapnels des obusiers et des mortiers à cause de la difficulté, au moyen de ces bouches à feu, d'exécuter un tir précis contre un but aussi restreint et aussi peu visible que la tranchée-abri. Quant à l'explosion des obus-torpilles, dont les fragments cessent d'être meurtriers à vingt-cinq ou trente mètres, elle n'est guère redoutable. Le relief des tranchées-abris est très faible, $0^{m},40$ et $0^{m},60$ pour celles en usage dans l'armée belge.

Lorsque les tranchées sont menacées de feux d'enfilade, d'écharpe ou de revers, on protège la position d'attente par des dispositifs terrassés spéciaux, appelés traverses, crochets-abris et parados.

Les troupes en réserve, que des couverts naturels n'abritent pas, sont placées dans des tranchées dites *couvrantes* qui ne possèdent point de position de combat.

Si le parapet des retranchements doit résister aux projectiles percutants de l'artillerie de campagne, son épaisseur dépasse de beaucoup celle qui suffit pour les tranchées-abris ; elle est de trois mètres pour le sable, quatre pour la terre ordinaire, six pour l'argile. Contre l'artillerie de montagne ces dimensions sont réduites de moitié.

Les retranchements sont munis de blindages lorsqu'il faut préserver complètement la position d'attente des effets des projectiles fusants et percutants, quel que soit leur point de chute ou d'éclatement. Pour les projectiles fusants, shrapnels et obus-torpilles, n'importe la bouche à feu qui les lance, les blindages sont d'une construction simple et rapide ; il en est de même pour les projectiles percutants des canons. Quant aux projectiles percutants des obusiers et des mortiers, c'est tout différent : on

ne peut songer à établir les blindages qu'ils comportent que si l'on dispose d'un temps assez long, circonstance exceptionnelle en campagne. Mais le canon n'a pas cessé d'être la bouche à feu principale et les blindages contre le tir plongeant ne sont pas autant nécessaires qu'on pourrait le croire. D'autre part, le shrapnel est demeuré le projectile le plus employé contre les buts vivants et les troupes auront peu à craindre les effets des obus-torpilles.

Il faut non seulement des couverts pour les hommes, il en faut aussi pour les bouches à feu, les avant-trains, les caissons. Les retranchements utilisés par l'artillerie portent le nom d'*épaulements*. Je n'entrerai dans aucun détail en ce qui les concerne.

S'il importe de protéger le plus possible le personnel et le matériel contre les coups de l'ennemi, il n'est pas moins indispensable de les soustraire à sa vue. Les moyens mis en œuvre pour satisfaire à cette dernière obligation sont regardés aujourd'hui comme partie intégrante des retranchements de fortification passagère. Les rideaux de verdure, au besoin artificiellement formés, à travers lesquels on aperçoit le terrain des attaques, sont à conseiller en tout premier lieu. A leur défaut, on cherche à donner aux retranchements l'aspect du sol environnant, en les recouvrant de terre superficielle, de gazon, de branchages, en les entourant d'un labourage, en évitant les talus bien dressés et les arêtes vives. La distance des retranchements aux rideaux dépend de la nature de ceux-ci et des circonstances locales.

Abrité contre les coups et les vues de l'ennemi, l'on n'est cependant capable de rien d'important à moins de faire produire au feu de l'artillerie et à celui de l'infanterie leur maximum d'effets. L'on y parvient par le dégagement du champ de tir et par l'établissement de défenses accessoires ; je parle surtout de l'infanterie qui, pour décimer l'adversaire et le détruire, doit le voir. L'artillerie, qui fait usage du tir indirect, peut trouver un expédient dans le choix d'un bon emplacement. Le dégagement du champ de tir aura la priorité sur les défenses accessoires ; on y procède de la façon suivante. Les moissons et les cultures élevées sont fauchées ou foulées aux pieds, les meules dispersées ou incendiées, les plantations, haies, broussailles coupées ou abattues. Les clôtures en planches, les palissades sont renversées, les murs démolis à la pioche ou à la mine. Les dépressions, les chemins creux ou en déblai propres à offrir à l'ennemi des couverts favorables sont comblés : les bouquets de bois sont

détruits et les taillis des bois et des forêts enlevés sur une certaine profondeur. Si la natnre des essences, la sécheresse, la direction du vent y sont propices, l'incendie est un moyen extrême et radical de dégager de grands espaces boisés. Pour la destruction des constructions isolées et des hameaux on n'emploie que modérément les poudres et les explosifs, sinon on risquerait d'en faire une consommation prématurée. Dans la plupart des cas le dégagement complet du champ de tir exige un personnel nombreux et un temps considérable; il faut savoir se borner et commencer par l'indispensable. Sur la carte, supprimer un bois, démolir un château avec ses dépendances sont choses faciles; dans la réalité, il n'en va pas ainsi.

En principe, le champ de tir est dégagé jusqu'à 700 mètres, distance à laquelle le feu de l'infanterie possède sa pleine efficacité; au delà, il convient, si possible, de détruire les couverts dans les directions présumées des attaques principales de l'ennemi.

Actuellement — je l'ai déjà dit — les défenses accessoires constituent l'obstacle en fortification passagère; elles agissent comme cause retardatrice sur la marche de l'assaillant. Alors que le dégagement du champ de tir augmente l'espace sur lequel l'ennemi est soumis au feu de la position, les défenses accessoires l'exposent plus longtemps aux coups les plus meurtriers. Excepté les mines, les défenses accessoires sont à peu près ce qu'elles étaient dans l'antiquité, mais l'accroissement de la puissance des armes en a augmenté l'importance. On doit les disposer là où l'action des défenseurs est le plus énergique. Jusqu'à l'invention du fusil à répétition il était rationnel de les annexer au retranchement lui-même; elles recouvraient les talus, les bords et le fond du fossé. Lorsque l'assaillant s'y empêtrait, les défenseurs montaient sur le parapet d'où ils le criblaient de coups. Ce mode de procéder n'avait pas varié depuis les Romains. Actuellement on conseille de placer les défenses accessoires à 50 mètres en avant des retranchements ou, si on a le temps, de les répartir en bandes entre 50 et 100 mètres. Le faible relief des retranchements, les dimensions très réduites du fossé et même sa suppression complète entraînent la disparition de l'angle mort; il n'est plus nécessaire pour repousser l'assaut de monter sur le parapet. Dans ces conditions, placées en deçà de 50 mètres, les défenses accessoires ne répondraient pas au but qu'on leur assigne car, pour une raison physiologique assez singulière, la plupart des balles destinées à

l'assaillant passeraient au-dessus de sa tête. Parfois, si le terrain s'y prête, des considérations tactiques conduisent à créer à 400 mètres environ de la ligne de combat une zone plus ou moins étendue de défenses accessoires.

Les principales défenses accessoires sont les abatis, les petits piquets enfoncés inégalement dans le sol ou, à leur défaut, des herses ou autres instruments aratoires, les réseaux en fil de fer, les labours recouverts de ronces artificielles, les trous de loup ou excavations tronconiques et les mines. Celles-ci se divisent en mines à volonté ou fougasses et en mines automatiques. L'emploi des explosifs violents et de la mise à feu électrique a donné aux mines une puissance considérable, une instantanéité et une simultanéité d'action inconnues autrefois ; elles produisent sur la troupe un effet moral plus grand que celui du tir de l'artillerie et de l'infanterie. Dans la guerre actuelle les Russes paraissent en faire un usage fréquent ; on a rapporté que les Japonais, lorsqu'ils soupçonnent leur existence, font appel à des volontaires pour ouvrir le passage ou chassent vers le terrain miné un nombreux bétail.

La fortification passagère n'utilise pas seulement des tranchées pour l'infanterie et des épaulements pour l'artillerie, mais encore des ouvrages entièrement fermés appelés *redoutes* et des ouvrages ouverts à la gorge. Anciennement les ouvrages affectaient les formes les plus diverses ; ils étaient carrés, polygonaux, étoilés, bastionnés. Un pareille variété et une pareille complication ont disparu. Les ouvrages ouverts à la gorge sont de simples redans parfois prolongés par deux flancs ; les redoutes ont un tracé, courbe ou rectiligne à angles très ouverts, qui se lie au terrain. La régularité des formes, le respect de la symétrie sont entièrement subordonnés à l'action de la défense. Les dimensions des redoutes sont loin d'atteindre celles des anciens ouvrages ; en principe, elles n'ont pour garnison qu'une compagnie d'infanterie. En fait d'artillerie, pas de canons — j'en ai déjà donné le motif — mais, éventuellement, des mitrailleuses automatiques.

En fortification passagère le terme *retranchement* est général, il s'applique à toute disposition défensive utilisée pour l'exécution des feux. Il y a d'autres retranchements que les tranchées et les ouvrages terrassés. Le sol est parsemé d'obstacles de toute nature susceptibles d'appropriation, tels sont les chemins creux, les chemins en remblai, les fossés, les digues, les clôtures de différentes espèces, les cours d'eau, les châteaux, les fermes,

les hameaux, les villages, les bois. Parmi ces obstacles les uns n'ont que des propriétés passives, d'autres peuvent être substitués aux tranchées, d'autres, enfin, servir de points d'appui. De ces derniers je dirai quelques mots.

Avant l'emploi des obus-torpilles et du tir plongeant, il était déjà dangereux d'occuper les constructions exposées aux coups de l'artillerie de campagne; cette occupation est devenue impossible. Si l'on doit défendre une localité, on retranche sur le front, à 60 mètres au moins des bâtiments afin de se préserver des ricochets des projectiles et des éclats de maçonnerie, les parties de la lisière naturelle, haies, chemins creux, clôtures diverses, qui s'y prêtent ; là où il n'existe pas de lisière naturelle ou lorsque la lisière naturelle ne peut être organisée, on crée, généralement au moyen de tranchées, une lisière artificielle. Sur les flancs de la localité on établit des échelons défensifs, constitués par des tranchées, redoutes, ouvrages ouverts à la gorge, couverts appropriés. Enfin, à quelques centaines de mètres en arrière de la localité, on élève une deuxième ligne de défense. Les dispositions, dans leur ensemble, dépendent des circonstances. Si l'ennemi emporte la lisière et s'engage dans la localité, il se trouvera exposé au feu des échelons défensifs et de la deuxième ligne de défense ; sa position sera très critique d'autant plus que, vraisemblablement, après l'effort auquel il se sera livré, ses unités seront disloquées et mélangées. Si à ce moment il est vigoureusement canonné, tout le fruit d'un premier succès est compromis et il peut subir un échec irrémédiable.

Mais, s'il ne convient pas d'organiser les constructions isolées et les agglomérations bâties que menace l'artillerie, il ne faut pas en conclure que sur le champ de bataille on n'est jamais amené à les occuper. Telle ferme, tel château, dont l'importance ou la situation ne justifieraient pas la création d'un centre de résistance et dont, sur la ligne de combat, les lisières seraient seules défendues, peuvent, celles-ci emportées, servir de réduits. Je n'indique que ce cas, il y en a d'autres.

Les bois, fussent-ils peu étendus, sont, éventuellement, d'excellents points d'appui ; ils sont propres à une facile et prompte organisation et à l'établissement de défenses accessoires dont les éléments sont sur place. On y crée parfois des retranchements successifs en utilisant les chemins, clairières, ruisseaux, maisons qui se trouvent en arrière de la lisière. Le principe est de former des îlots défensifs réunis par des chemins ou des

coupures qu'ils puissent battre afin d'empêcher ainsi l'ennemi de les tourner sans coup férir.

Ce bref aperçu des ressources élémentaires mises par la fortification au service de la tactique permet de comprendre l'esprit qui préside à l'organisation d'une position.

Lorsqu'une armée s'arrête pour attendre l'ennemi parce que son infériorité numérique ou les circonstances l'empêchent de l'attaquer immédiatement, mais qu'elle espère, après l'avoir usé par une solide résistance, passer à l'offensive, elle pratique la défensive-offensive. C'est à ce cas que correspondent les applications normales de la fortification du champ de bataille.

Une position défensive comprend deux lignes principales, l'une pour l'artillerie, l'autre pour l'infanterie, cette dernière ligne à plusieurs centaines de mètres en avant de la première. Tout au début de son emploi, l'artillerie ne faisait que renforcer l'action de l'infanterie et le tir des deux armes était concomitant; aussi, les batteries se mélangeaient-elles aux compagnies et aux bataillons et le canon s'enfermait-il volontiers au sein des carrés qui s'ouvraient lors de l'assaut pour lui laisser vomir sa mitraille. J'ai cité des exemples où de nombreuses bouches à feu garnissaient de vastes retranchements construits sur le champ de bataille. Aujourd'hui des différences considérables de portée et de puissance séparent le fusil et le canon ; longtemps avant la fusillade ce dernier fait entendre sa voix et il s'isole de l'infanterie, afin de ne pas attirer inutilement sur elle les coups qui répondent à ceux qu'il lance.

Si l'artillerie entame la lutte, c'est l'infanterie qui la continue et le plus souvent l'achève ; c'est elle qui occupe la position de combat. Sur cette position la répartition des troupes n'est pas uniforme, leur densité est plus grande aux endroits où, suivant les prévisions, se porteront les efforts de l'adversaire et on y a recours à toutes les ressources de la fortification. Les troupes sont échelonnées : d'abord les tirailleurs, puis leurs soutiens et les différentes réserves, réserves et soutiens abrités par les mouvements du sol, les obstacles naturels du terrain ou des tranchées couvrantes. Les tirailleurs occupent des retranchements de toute espèce, pour la plupart tranchées-abris ou couverts naturels sommairement organisés. A 1500 mètres les uns des autres, au maximum, sauf exception, des points d'appui, centres de résistance, renforcent la ligne des retranchements. Leur constitution est variable: ce sont des villages, des bois, des redoutes,

des groupes de redoutes, des assemblages de redoutes et de tranchées. En principe, ils comportent des ouvrages fermés. En avant du front ou dans son prolongement, à 800 à 1200 mètres de la position de combat, des *postes avancés* et des *postes de flanc* sont occupés par des détachements. Ces postes ne sont que de simples tranchées ou des ouvrages ouverts à la gorge afin que leurs garnisons ne fassent pas, sauf exception, une résistance trop opiniâtre et que l'adversaire soit privé de la faculté de les utiliser. En arrière du prolongement du front on établit des crochets défensifs, combinaisons diverses échelonnées en profondeur, dans lesquelles il est souvent utile de comprendre des redoutes. Ces crochets obligent l'ennemi á étendre ses attaques enveloppantes et á y consacrer plus de monde, et donnent au défenseur une plus grande aisance dans le jen de ses réserves ; suivant la topographie, on les organise aux deux ailes ou à l'une des deux seulement, si l'autre est appuyée à un obstacle naturel.

En arrière de la première ligne de défense, à 1000, à 1500 m. et parfois moins, il convient d'en créer une seconde, constitnée beaucoup plus simplement ; de cette façon on dispose d'un champ de bataille intérieur sur lequel l'adversaire aura à renouveler ses efforts. Enfin, au minimum à portée de canon de la position de combat, on organise une position de retraite ou d'accueil. Ce sont des retranchements sommaires destinés à être occupés par quelques troupes encore fraîches qni, en cas d'insuccès, protègent l'écoulement de la masse principale.

Outre tous les travaux que je viens d'indiquer, il est nécessaire d'opérer des destructions pour contrarier la marche de l'ennemi et d'améliorer les communications existantes ou d'en créer de nouvelles dans le but de favoriser les mouvements des troupes amies et de leur permettre d'effectuer une bonne retraite si elles ont le dessous.

D'après ce qui précède, on conçoit que dans beaucoup de cas une position défensive offre l'aspect d'un vaste trapèze dont la petite base et les deux côtés latéraux sont la première ligne de défense et les crochets défensifs, la grande base représente la seconde ligne de défense. Les emplacements de l'artillerie se trouvent à l'intérieur du trapèze qui, vers l'ennemi, est précédé d'une ligne discontinue formée par les postes avancés et les postes de flanc. En deçà de la grande base une dernière ligne marque la position de retraite ou d'accueil. Il ne s'agit pas ici d'un schéma formel, c'est une image destinée à fixer certaines idées fondamentales.

Il ne faudrait pas croire que, dans l'offensive et dans la bataille de rencontre, la fortification soit sans usage. Tout succès tactique et, notamment, celui des avant-gardes, doit être, en principe, accompagné ou suivi d'une occupation défensive du terrain. D'ailleurs, dans l'offensive, l'assaillant ne procède pas de la même façon sur tout son front. Sur une portion assez restreinte de celui-ci il engage des troupes nombreuses appuyées par de fortes réserves ; ces troupes ont pour mission de pousser les choses à fond. C'est le champ décisif. Sur le restant du front il se contente d'une démonstration sérieuse qui contienne l'adversaire ; la densité de son ordre de bataille y est beaucoup plus faible et il importe que par l'emploi de la fortification il se ménage le bénéfice d'une solide défensive. C'est le champ démonstratif. Tous les travaux auxquels on procède dans l'offensive et dans les batailles de rencontre ont un caractère de grande simplicité.

Fréquemment dans la défensive-offensive on ne dispose que de quelques heures pour organiser le champ de bataille, souvent aussi les travaux sont exécutés au contact de l'ennemi et les voitures du parc encore trop éloignées ne peuvent fournir leurs outils. Cependant, même dans cette éventualité et surtout dans cette éventualité, la plus grande difficulté n'est pas de remuer assez terre avant l'ouverture du feu, mais de concevoir rapidement ce qu'il faut faire et de donner des ordres qui évitent tout retard, toute hésitation, tout malentendu. A cet égard, on ne saurait trop insister sur l'importance de posséder dans les armées en campagne des officiers du génie instruits et expérimentés, ayant sur le terrain le coup d'œil prompt, la décision immédiate et aptes à proposer sur le champ des dispositions défensives appropriées aux solutions tactiques arrêtées par le commandement.

En matière de travaux de fortification improvisée, la confusion est le pire défaut; aussi convient-il de réglementer l'exécution des retranchements les plus simples. Le fantassin doit trouver sur sa pelle toutes les dimensions des profils, et les tranchées-abris sont tracées et construites méthodiquement, au commandement, comme s'il s'agissait d'un maniement d'armes ou d'un exercice à rangs serrés.

Lorsque le temps presse fort, c'est surtout à l'organisation des obstacles naturels qu'il faut recourir et l'on se contente de retranchements terrassés très simples. Il est sage de ne point compter comme durée effective des travaux celle qui s'étend

entre leur commencement et leur cessation et de ne point trop se fier aux résultats d'expérience et aux données numériques des aide-mémoire. Dans la pratique, mille causes diverses provoquent du retard et de la complication. L'infanterie ne s'occupe pas d'organisation défensive jusqu'à l'ouverture du feu car, pour combattre avec calme et énergie, elle a besoin auparavant de quelque repos et de quelque tranquillité. Quant aux troupes techniques, qui ne combattent que s'il le faut absolument, elles n'ont à marchander leurs peines ni avant, ni pendant, ni après la lutte.

Si l'on présume que l'attaque ne sera pas immédiate, il est préférable de substituer à bon nombre d'obstacles naturels des retranchements terrassés, surtout des redoutes. Mais, quelles que soient les circonstances, la chose primordiale est le dégagement du champ de tir ; il vaut mieux assurer l'action des armes que de renforcer la valeur passive de la position.

En matière d'organisation défensive, il n'y a point de règles formelles ; le grand art est de procéder progressivement, de parvenir en très peu de temps à une organisation suffisante susceptible de renforcements successifs.

Les travaux sont nombreux. La division d'armée belge compte, abstraction faite du bataillon de carabiniers que je suppose employé comme troupe de couverture, 16 bataillons d'infanterie, soit 16 000 hommes qui, suivant les circonstances, seront répartis sur 2500 à 4000 mètres de front, ce qui implique, avec les crochets défensifs, 2500 à 4000 mètres de retranchements de toute espèce ; il faut y ajouter 3000 mètres environ de tranchées couvrantes et les travaux relatifs aux postes avancés, aux postes de flanc, à la seconde ligne de défense, à la position d'accueil, aux épaulements de l'artillerie. En principe, les retranchements sont construits par les troupes qui doivent les garnir, le dégagement du champ de tir et les défenses accessoires sont l'affaire des réserves spéciales, voire d'une partie de la réserve générale. Celle-ci organise la seconde ligne de défense et la position d'accueil. Mais, je ne saurais trop le répéter, il n'y a rien d'absolu.

Pour l'exécution des travaux, les troupes disposent d'un matériel considérable. Tout compris, outillage portatif de l'infanterie et du génie, outillage de l'artillerie, outillage des voitures de la compagnie du génie et des voitures du parc, on compte, environ, par division d'armée : 7000 pelles à manche court, 1800 pelles à long manche, 1000 pioches, 300 grandes haches, 900 haches à main, 900 serpes, 200 scies à main, 500 scies articulées, 900 kilo-

grammes d'explosifs, 19 000 mètres de fil de fer et un grand nombre d'outils divers et d'accessoires.

L'outillage est suffisant pour l'organisation défensive la plus complète d'un champ de bataille, mais on ne peut toujours l'utiliser en quantité aussi grande qu'on le désire. On ne saurait trop, en effet, attirer l'attention sur le caractère d'instantanéité que présentent dans la plupart des cas les applications de la fortification improvisée ; les techniciens l'ont bien compris et ont conformé à ce caractère leurs études et leurs expériences. Le génie belge, en particulier, s'est appliqué à la simplification des procédés défensifs avec une intelligence et une largeur de vues d'autant plus méritoires qu'il se privait ainsi du monopole exclusif de la direction des travaux défensifs en campagne. Mais de ce que l'infanterie peut par elle-même se retrancher et établir des défenses accessoires, le rôle du génie près des troupes d'opération n'est nullement amoindri ; le croire serait mal juger des conditions nouvelles dans lesquelles la tactique place aujourd'hui l'art défensif. Sur tous les points du champ de bataille cet art trouve son emploi ; se couvrir dans l'attaque comme dans la défense est une nécessité. L'horizon de l'officier du génie s'est considérablement élargi, car tous les retranchements élevés sur le théâtre de l'action sont sous la dépendance de principes et de conceptions tactiques que le technicien ne peut plus ignorer. Lorsqu'il faut défendre opiniâtrément le terrain qu'on occupe ou se fixer au sol après une marche triomphante, il est le conseiller attitré du commandement ; à lui de se multiplier et, toujours calme sous une pluie de fer et de feu et devant la furie des assauts, de projeter sans cesse de nouvelles défenses et de trouver les moyens de leur exécution. Que l'on méconnaisse quelquefois les services qu'il aura rendus, rien d'étonnant. On demeurera toujours plus attentif au fracas même de la bataille, qu'à tout ce qui aura, autrement que par l'emploi des armes, étayé la victoire ou corrigé la défaite.

Capitaine commandant C. Beaujean.

II

LA BELGIQUE SANS LE CONGO

Le titre de cet essai paraît à lui seul un paradoxe et une impossibilité, tant en Belgique on est habitué déjà à considérer le Congo comme une partie du patrimoine de la nation.

" Rien de plus aisé, en effet, que de s'habituer au bonheur. „

Nous n'avons intitulé ainsi cet article, exempt de toute tendance de politique intérieure, que pour faire nettement ressortir la portée des quelques réflexions que nous allons essayer d'exposer.

Notre but est d'attirer, en quelques mots, l'attention du lecteur sur l'immensité de la perte que subirait ce pays si le Congo était subitement arraché à la sphère d'action dans laquelle il se trouve évidemment dès aujourd'hui. C'est dire que, dans cet ordre d'idées, nous laissons de côté la forme de droit public sous laquelle la Belgique tire profit du Congo.

Que ce champ d'expansion existe, comme actuellement, sous forme d'État indépendant, ou que les circonstances le transforment en une colonie légale de la Belgique, peu nous importe pourvu qu'il subisse l'impulsion qui l'a créé. Il est hors de doute en effet que c'est la Belgique qui tire dès à présent le plus grand avantage du Congo ; nous pouvons donc examiner l'éventualité où il lui serait arraché.

Cet avantage lui-même ne ressort que trop clairement des attaques inouïes dont le Congo fut récemment abreuvé, et qui ne sont en définitive qu'un hommage éclatant rendu à sa prospérité, unique dans l'histoire de la colonisation.

Ce sont les conséquences tant morales que matérielles qu'aurait, pour la Belgique, le succès de cette campagne de diffamation jalouse sur lesquelles nous voudrions ici attirer l'attention.

La Belgique, si jeune encore dans sa carrière de pays indépendant, a eu la chance inespérée de pouvoir tirer avantage des événements politiques dont ses voisins souffraient, et surtout d'être gouvernée successivement par deux souverains dont l'Europe entière admire les rares qualités.

Habitué ainsi depuis soixante-quinze ans à un constant bonheur qu'il croit lui être dû, et dont il n'a pas eu la peine d'être

l'artisan, le peuple belge ne se rend peut-être pas toujours suffisamment compte des éléments constitutifs de sa prospérité.

Celle-ci n'aurait certainement pas pu se maintenir au point culminant qu'elle atteignait après la guerre de 1870, si de nouveaux débouchés n'avaient été offerts à son expansion industrielle.

Les Belges cependant, peu habitués aux initiatives lointaines, laissaient à leurs puissants voisins le soin de s'assurer, dans les pays d'outre-mer, une concurrence victorieuse contre eux.

C'est l'époque à laquelle un seul citoyen belge vit plus loin que nos étroites frontières et fit preuve d'un esprit d'initiative et d'une habile ténacité qui l'ont fait surnommer le Napoléon de la diplomatie.

Léopold II s'était toujours montré l'apôtre de cette grande pensée d'expansion qu'avait eue aussi Léopold Ier; il créa, à lui seul, une colonie pour la Belgique. Tout d'abord, cette colonie assure au pays des profits matériels que plus personne ne conteste. De plus, elle a eu l'estimable avantage de tremper le caractère national, de le sortir des horizons étroits dans lesquels il se complaisait ; la preuve en est dans le faisceau de protestations qui s'est formé depuis peu et que, dans des circonstances semblables, les Belges eussent été incapables de créer; pour cela, en effet, il était nécessaire que le Congo eût modifié leur habituel esprit d'indifférence.

Réjouissons-nous donc de ce que le cauchemar de la perte de cette contrée ait provoqué une crainte bienfaisante ; c'est cette vision qui a enfin forcé la généralité des Belges à apprécier la valeur du magnifique cadeau qu'ils ont reçu.

Enfin, le Congo donne à la Belgique une importance internationale dont elle n'aurait pu trouver en elle-même la raison d'être. Destiné à profiter des avantages de la neutralité si précieuse pour la Belgique, le Congo semble appelé à donner à la mère-patrie une solidité nationale qui la mette, mieux que n'importe quoi, à l'abri d'un coup de main de l'étranger.

Il est évident, en effet, que la Belgique a dû, dans le passé, une partie de sa sécurité à la jalousie réciproque de ses puissants voisins.

Son intérêt n'est donc nullement opposé au maintien de cette jalousie par une prospérité grandissante, tant à l'intérieur qu'au delà des mers. Plus, en effet, le morceau sera considérable, et moins l'une quelconque des puissances voisines pourra permettre à l'autre de se l'approprier. Cette réflexion est du reste

consolante, car si le contraire était vrai, la Belgique serait dans le cas bizarre d'un homme qui serait forcé de se laisser mourir d'inanition pour continuer à vivre.

Grâce au Congo, la Belgique peut se vanter de n'être plus, à l'avenir, l'appoint infime que l'on jette dans la balance des compensations internationales pour satisfaire un voisin mécontent.

La neutralité du Congo, jointe à celle de la mère-patrie, lui donnera sous ce rapport les garanties internationales dont on ne peut méconnaître les avantages. Aussi ne peut-on songer sans une crainte légitime à ce que ce pays serait dans l'avenir, si le Congo, devenu nécessaire à son existence, était perdu pour lui.

La Belgique serait dans la situation d'une personne qui, après avoir fait un brillant héritage, aurait perdu sa fortune.

Le Comte de Smet de Naeyer a eu raison de dire que la renonciation définitive de la Belgique à l'idée du Congo porterait atteinte à sa considération, car il semble qu'un acte semblable serait un véritable suicide national. Tout en rendant hommage aux dévoûments admirables et aux brillantes capacités que quelques Belges ont déployés en Afrique, tout le monde reconnaîtra cependant que les avantages résultant pour la Belgique de son expansion au Congo sont pour elle le résultat d'une munificence à laquelle son propre mérite est étranger.

En tant que nation elle n'a rien fait au début pour la création de cette dépendance lointaine et, chose inconnue dans d'autres pays, elle a vu quelques-uns de ses propres citoyens s'unir aux attaques étrangères dont cette œuvre était l'objet.

Cependant, traitée en véritable enfant gâté de la Fortune, elle profite depuis vingt ans de chacun des progrès du Congo, sans que jamais du reste elle ait eu à s'en préoccuper, d'une façon suivie ; aussi, chaque fois que le peuple belge a été forcé de s'en occuper, a-t-il semblé avoir toutes les peines du monde à comprendre que de pareils bienfaits ne lui sont pas dus et qu'il est naturel qu'il contribue parfois lui-même au maintien d'une situation aussi privilégiée.

Il était si commode de laisser au Roi tout le souci et toute la charge du Congo, et de ne se souvenir de l'existence de celui-ci que pour se réserver le doux plaisir de la critique, tout en y envoyant les produits d'industries qui, sans ce débouché, auraient déjà périclité. Les statistiques font aisément ressortir ce dernier point.

Chose plus curieuse encore, lorsque parfois il s'est agi de savoir ce qu'ils feraient, dans l'avenir, d'une colonie due au Roi,

les Belges ont à peine songé à consulter le grand spécialiste de la colonisation qu'ils ont le bonheur d'avoir chez eux et dont tous les autres peuples admirent la science coloniale et le dévouement à l'expansion belge.

C'est à grand'peine que le parlement aboutit à cette conclusion que la forme d'existence du Congo, état indépendant ou colonie, n'avait qu'une importance tout à fait secondaire, pourvu que l'œuvre fût assurée de la direction de celui qui l'avait créée.

Pareil phénomène qu'un historien de l'avenir aura peut-être quelque peine à comprendre, est en corrélation avec cet autre fait au moins bizarre que, chaque fois qu'ils ont cru voir une initiative formelle du Roi dans tel ou tel sens, beaucoup de Belges n'ont pu se défendre d'une incroyable méfiance.

Le caractère grincheux et méfiant de nos compatriotes s'est manifesté du reste chaque fois que leur Souverain émettait dans n'importe quel autre domaine une idée sortant de la routine nationale.

Généralement il a donc dû se borner à leur être utile malgré eux en suscitant autour de lui quelques collaborations éclairées.

Le dévouement témoigné par le Roi à la Belgique, dans cette œuvre du Congo, ressort tout d'abord de l'offre généreuse exprimée par son testament et par sa lettre écrite à M. Beernaert, le 5 août 1889 ; il ne lui reste qu'à laisser, comme il le fait, au pays lui-même le soin de prendre un jour telle décision qui lui conviendra.

Ces documents que nous venons de citer sont amplement corroborés par toute l'histoire de l'État Indépendant et de ses relations avec la Belgique. Aux yeux du monde, Léopold II a commencé par être véritablement le Christophe Colomb de l'Afrique; ensuite, sans parler de la grande idée civilisatrice qui n'a cessé d'inspirer son œuvre et lui a fait surmonter les difficultés énormes du début, le Roi a créé le Congo dans un intérêt national belge et il veut que son œuvre puisse être utilement continuée par la Belgique.

Celle-ci semble donc devoir un jour gouverner cet immense territoire et c'est là que surgira la difficulté pratique. En effet, tous ceux qui se sont quelque peu occupés des questions coloniales sont d'accord pour dire qu'un gouvernement du Congo qui serait improvisé et soumis aux fluctuations parlementaires serait la ruine de l'œuvre admirable du Roi. L'histoire de nos voisins nous apprend assez que les besoins de la politique intérieure ne font

point échapper en effet les colonies aux interpellations et aux combinaisons des partis.

Chacun se souvient de l'exemple fameux de la chute du cabinet Jules Ferry en 1885 — au lendemain d'un échec plus imaginaire que réel d'une colonne française à Langson.

Il semble donc que l'on doive un jour trouver pour la colonie belge un système de gouvernement spécial et adapté à ses besoins.

Actuellement les Belges l'ont découvert d'autant plus facilement qu'il existait déjà sans leur intervention et qu'ils n'ont qu'à laisser agir pour profiter de ce qui se fait.

Possédant chez eux le créateur de cette œuvre, dont la grandeur force l'admiration de ses adversaires mêmes, ils ont eu la chance qu'il voulut bien continuer à s'en occuper.

Nos Chambres — composées, presqu'en totalité, de gens qui ont rarement dépassé la frontière et qui certainement n'ont jamais étudié les questions coloniales — ont eu jusqu'à présent le bon esprit de profiter de cette chance.

Les attaques dont le Congo est actuellement l'objet prouvent assez combien il est nécessaire que, dans l'avenir, le pays s'inspire des sages conseils de son Roi pour assurer à la Belgique la magnifique colonie qu'il a si généreusement créée pour elle et qu'il est en ce moment seul capable de lui conserver.

ALEXANDRE HALOT.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons élémentaires sur la théorie des fonctions analytiques, par Édouard A. Fouët, professeur à l'Institut catholique de Paris. Deux vol. in-8° de xv-330 et xi-299 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1902-1904.

Telle est l'ampleur prise par certaines théories dont s'est enrichi le domaine mathématique pendant la période contemporaine, qu'à peine peut-on les effleurer dans les Traités généraux d'Analyse. Et tels sont, d'autre part, le nombre et l'étendue des Mémoires originaux qui ont servi à les asseoir que bien peu de personnes ont le loisir d'en aborder l'étude. C'est donc un véritable bienfait pour le public mathématique que d'être mis en possession de Traités spéciaux où ces théories soient exposées avec tout le développement nécessaire à leur pleine intelligence, mais sous une forme condensée, d'ordonnance didactique, qui en facilite l'assimilation et prépare à la lecture des Mémoires magistraux auxquels, tout le long du texte, doivent être faits des renvois nombreux et précis.

C'est ainsi, pensons-nous, que peut être défini le caractère des Leçons sur les fonctions analytiques que M. Fouët vient de réunir en ces deux volumes après les avoir professées à l'Institut catholique de Paris.

La théorie des fonctions analytiques constitue une des pierres angulaires de l'édifice des Mathématiques modernes. Bien qu'on ait pu en discerner les premiers germes dans certains écrits de Gauss, c'est principalement dans les travaux de Cauchy, de Riemann et de Weierstrass qu'elle a pris naissance. Ces illustres mathématiciens ont d'ailleurs été suivis d'une pléiade nombreuse de brillants continuateurs dont les noms sont bien connus. La

diversité des points de vue de ces auteurs rendait particulièrement souhaitable le travail de synthèse entrepris par M. Fouët et qu'il a si heureusement accompli.

L'Introduction par où s'ouvre le premier volume vise, sous forme très résumée, diverses notions préliminaires indispensables. C'est plaisir de lire les quelques lignes consacrées par l'auteur à l'idée de nombre, à la notion de fonction, dont il indique de façon fort nette le développement historique, au rôle de l'intuition géométrique dans le domaine de l'Analyse... En une quinzaine de pages, il donne un aperçu très clair de la théorie des ensembles, réduite à ce qu'elle a d'essentiel quand on la considère dans ses rapports avec la théorie des fonctions.

Après avoir indiqué les conditions restrictives, nées des applications mêmes, qui ont conduit à constituer des catégories spéciales, encore bien que très larges, de fonctions, il aborde l'objet essentiel de son exposé qui est l'étude des fonctions analytiques d'une variable complexe.

Cette étude suppose en premier lieu que certaines notions fondamentales (convergence vers une limite, uniformité de la convergence, continuité, dérivée déterminée,...) sont définies avec précision, ce à quoi, avec un soin tout particulier, s'attache l'auteur dans la seconde section de l'Introduction. Il fait connaître en même temps l'ingénieuse représentation géométrique de Riemann, qui consiste à traduire le mode de correspondance entre la fonction $u + iv$ et la variable $x + iy$ par la transformation géométrique faisant correspondre le point (u, v) au point (x, y), et démontre de diverses manières ce fait capital qu'*à toute fonction analytique correspond une représentation conforme directe* (c'est-à-dire qui conserve les angles en grandeur et sens). Ayant ensuite introduit la notion des fonctions *uniformes*, il fait l'analyse de leurs singularités isolées. Il définit enfin les *groupes de substitutions* qui conduisent à envisager des classes intéressantes de fonctions *(périodiques, automorphes*, et, plus particulièrement, *fuchsiennes* et *modulaires)*.

Le Livre I a pour objet les *méthodes générales de définition et de représentation des fonctions*.

Les fonctions que l'Analyse a été amenée à envisager successivement prennent, en général, leur origine dans des recherches de Géométrie, d'Astronomie, de Mécanique, de Physique. Elles se présentent soit comme solutions de certaines équations algébriques, soit comme limites de certaines séries, soit comme intégrales de certaines équations différentielles... Les efforts des

mathématiciens ont eu longtemps pour objet de les réduire aux fonctions dites *élémentaires*, auxquelles avaient naturellement conduit l'Algèbre et la Trigonométrie élémentaires. L'impossibilité d'une telle réduction en dehors de cas relativement très particuliers, mise en évidence notamment par les travaux d'Abel, a précisément rendu nécessaire la théorie nouvelle qui permet l'étude directe des fonctions sur les équations ou les séries servant à les définir.

Dans le Chapitre I, l'auteur commence par s'occuper des fonctions *algébriques*, c'est-à-dire de celles qui sont liées à la variable par une relation algébrique. Si cette relation est du premier degré par rapport à la fonction w, celle-ci est *uniforme* (polynome entier ou fraction rationnelle suivant que, dans la relation écrite sous forme entière, le coefficient de w est constant ou non). Les représentations auxquelles, dans les cas les plus simples, donnent lieu ces fonctions, lorsqu'on se place au point de vue de Riemann, coïncident avec les transformations de la Géométrie élémentaire (translation, rotation, homothétie, inversion, transformation isogonale de W. Roberts,... considérées isolément ou combinées entre elles).

Lorsque la relation algébrique de définition cesse d'être linéaire par rapport à la fonction, celle-ci devient *multiforme*. Dans ce cas, à chaque point du plan parcouru par la variable z correspondent plusieurs points du plan parcouru par la fonction w et lorsque, partant d'une valeur de z, on revient à cette même valeur après un certain parcours, on est revenu ou non au même point w suivant que le chemin parcouru par le point z présente telle ou telle disposition par rapport à certains points singuliers déterminés par la relation de définition. Cette théorie, très délicate, a, comme on sait, définitivement été fondée par les travaux de Puiseux. L'exposé qu'en donne M. Fouët est d'une simplicité parfaite, qui ne sacrifie d'ailleurs rien de la rigueur. Il débute par quelques exemples simples, propres à faire ressortir l'esprit de la méthode, avant d'aborder le cas général fort bien condensé dans toutes ses parties essentielles.

Une intuition de génie a permis à Riemann de ramener le cas des fonctions multiformes à celui des fonctions uniformes ; elle a consisté à substituer au plan unique sur lequel on fait mouvoir le point ayant pour affixe la valeur de la variable plusieurs plans ou feuillets superposés (en nombre égal au degré de l'équation par rapport à la fonction) et soudés les uns aux autres suivant certaines lignes, ou coupures, définies par l'équation même.

Lorsque l'on convient que le point représentatif ne peut franchir une telle coupure sans passer de l'un à l'autre des feuillets qu'elle sert à souder, on peut, à chaque point pris sur l'ensemble des feuillets, faire correspondre une seule valeur de la fonction ; en d'autres termes, la fonction, multiforme par rapport à un plan unique pris pour champ de variation de la variable, devient uniforme par rapport au plan feuilleté de Riemann. Cette ingénieuse conception, qui a si puissamment contribué à débrouiller le domaine des fonctions algébriques, est exposée par l'auteur, en une douzaine de pages, avec une clarté qui ne laisse rien à désirer.

Le Chapitre II est consacré aux fonctions définies par des séries. L'auteur y expose d'abord les propriétés des séries en général, à termes complexes, établissant avec netteté la distinction aujourd'hui classique entre les séries absolument convergentes et les séries semi-convergentes, la notion de convergence uniforme avec les propriétés fort importantes qui s'y rattachent, et poursuivant par l'étude des séries entières qui sert de fondement à la théorie des fonctions analytiques, considérée au point de vue de Weierstrass. Les beaux théorèmes d'Abel et de Cauchy (ce dernier retrouvé et précisé par M. Hadamard) sont démontrés là avec une pleine rigueur.

Avec juste raison l'auteur rattache à la théorie des séries celle des produits infinis qui, depuis Weierstrass, en est en quelque sorte le complément obligé.

Il se livre ensuite à une digression fort intéressante sur les séries trigonométriques qui ont, peut-on dire, joué le rôle principal dans l'évolution des idées relatives à la notion de fonction. C'est, en effet, le célèbre théorème de Fourier sur la représentation de fonctions *arbitraires* au moyen de telles séries (1807) qui a marqué le début de cette évolution. Le problème fondamental de la convergence de ces séries a fait l'objet des recherches de Dirichlet qui parvint à établir cette convergence lorsque sont réalisées certaines conditions assez étendues. Riemann, en approfondissant la question, démontra que ces conditions suffisantes ne sont certainement pas nécessaires ; les conditions nécessaires sont encore à découvrir.

Les séries divergentes, que l'autorité de Gauss, d'Abel et de Cauchy avait fait radicalement exclure de la Science, à cause des erreurs capitales que peut entraîner leur emploi, ont tout dernièrement vu cesser cet ostracisme. En démontrant que certaines séries divergentes, dites *asymptotiques*, peuvent, pour de

très grandes valeurs de la variable, lorsqu'on en prend un nombre convenable de termes, servir à représenter certaines fonctions, avec telle approximation que l'on veut, M. Poincaré a mis un terme à la défaveur systématique qui était restée attachée à ces séries. Mais ce sont surtout les remarquables travaux de M. Borel (1), fondés sur une généralisation curieuse des notions de limite et de somme, qui, parmi les séries divergentes précédemment rejetées en masse, en ont fait apparaître une catégorie importante, dites *sommables*, susceptibles d'être maniées avec autant de sécurité que les séries convergentes. L'auteur, après avoir donné un résumé substantiel de cette théorie nouvelle, signale en quelques mots un autre sujet qu'y avaient rattaché les travaux de Stieltjes, celui des fractions continues algébriques, qui, tout récemment, a reçu d'importants développements de la part de M. Padé.

D'un bout à l'autre, les généralités exposées par M. Fouët à propos des séries sont éclaircies par des exemples particuliers heureusement choisis.

Il en fait ensuite l'application à l'étude directe des transcendantes que l'on peut considérer comme classiques : l'exponentielle et son inverse le logarithme, les fonctions trigonométriques et leurs inverses, la fonction eulérienne, les fonctions hypergéométriques. Ces transcendantes, fonctions analytiques simples qui ne satisfont à aucune équation algébrique, peuvent être définies plus rapidement au moyen d'équations différentielles auxquelles elles satisfont. Ici, en ne prenant comme point de départ que des séries ou des produits infinis, l'auteur montre comment peut être entièrement construite la théorie de ces fonctions.

Dans le Chapitre III, il aborde les séries multiples, ayant soin, conformément à sa méthode, d'en faire une étude générale pour en appliquer ensuite les résultats à certaines transcendantes classiques. Cette théorie des séries multiples, entamée pour la première fois par Cauchy, a gagné en précision notamment grâce au secours de la théorie des ensembles. L'auteur s'occupe d'abord des séries à double entrée pour en généraliser ensuite les propriétés dans le cas d'un nombre quelconque d'entrées. Le mode suivant lequel s'effectue cette généralisation est d'ailleurs

(1) Voir dans cette Revue (t. L, p. 632) l'analyse des *Leçons sur les séries divergentes* de cet auteur.

rendu en quelque sorte palpable par l'exemple des séries d'Eisenstein, d'abord à deux, puis à n variables.

Parmi les séries multiples celles qui offrent, et de beaucoup, la plus haute importance sont les séries entières à plusieurs variables. Elles conduisent même à des propriétés nouvelles des séries entières à une seule variable, comme le fait voir tout d'abord l'auteur à propos des séries de Taylor (dans le cas, bien entendu, d'une variable complexe). Quant aux théorèmes généraux concernant les séries entières à plusieurs variables, et notamment les théorèmes fondamentaux d'Abel et de Weierstrass, l'auteur les établit en toute rigueur (se bornant, pour simplifier les notations, au cas de deux variables) mettant en évidence nombre de corollaires d'une application constante. L'extension du théorème de Cauchy-Hadamard l'amène à démontrer le théorème de M. Lemaire sur les rayons de convergence associés. Il dit enfin quelques mots des produits infinis multiples absolument convergents.

Les fonctions elliptiques envisagées comme fonctions doublement périodiques générales offrent à l'auteur un bel exemple auquel il s'attache avec soin. Il débute par les définitions nécessaires relatives à la périodicité tant dans le cas de plusieurs que d'une seule variable, puis, grâce à un parallèle succinct, mais bien présenté, entre les fonctions trigonométriques et les fonctions elliptiques, il fait habilement naître une première idée de la véritable nature de celles-ci.

En s'appuyant sur les généralités précédentes, il établit, en quelques pages, les propriétés principales d'abord de la fonction σ de Weierstrass définie par un produit infini, puis des fonctions ζ et p introduites par des dérivations successives et définies sous forme de séries doubles. Il passe enfin aux fonctions Θ de Jacobi à un seul argument et à celles à plusieurs arguments introduites d'abord par Göpel et Rosenhain, développées par Weierstrass et qui ont conduit Riemann à son admirable solution du problème général de l'inversion des intégrales de différentielles algébriques. Bien que l'auteur ne fasse qu'effleurer le sujet, ces applications, d'une si haute importance, soulignent l'intérêt des généralités précédentes, qui ne s'affirme pas aussi nettement lorsqu'on ne les envisage que *in abstracto*.

Le Chapitre IV a trait aux fonctions définies par des intégrales. La théorie des intégrales prises entre limites imaginaires est un des plus beaux titres de gloire de Cauchy. " La Science, d'après Hermite, n'a point d'exemple d'une conception plus

féconde. „ Et M. Poincaré n'hésite pas à déclarer que “ cette théorie a pour ainsi dire doublé la puissance de l'Analyse mathématique „.

Avant de l'aborder, l'auteur rappelle, en les précisant, quelques généralités sur les intégrales *à éléments réels*, ce qui lui est l'occasion de résumer de façon intéressante l'historique de la notion d'intégrale, de Leibniz et Newton à Cauchy et Riemann. Après avoir établi les conditions d'intégrabilité dans le cas des intégrales simples ou multiples, il fait voir successivement comment les intégrales curvilignes se ramènent aux intégrales rectilignes et les intégrales entre limites imaginaires aux intégrales curvilignes, et démontre ce fait capital que l'intégration d'une fonction analytique dans un domaine donne naissance à une fonction également analytique dans ce domaine.

Il s'attache ensuite plus spécialement aux intégrales de Cauchy fournissant une expression des fonctions holomorphes. Ayant fait connaître la formule de Green-Riemann (qui ramène certaines intégrales de surfaces à des intégrales curvilignes) et son extension due à M. Pringsheim, il donne du théorème fondamental de Cauchy les démonstrations de Cauchy-Riemann et de M. Goursat, pour en déduire la représentation des fonctions analytiques par des intégrales curvilignes. Il démontre ensuite le célèbre théorème des résidus qui permet d'obtenir le nombre des racines d'une fonction holomorphe, intérieures à un contour donné, et conduit, entre autres corollaires, à une preuve si simple du théorème fondamental de la théorie des équations algébriques, attribué d'après Lagrange (*Œuvres*, édition Serret, t. VIII, p. 209) à d'Alembert.

Mais la conséquence peut-être la plus importante de la formule de Cauchy consiste dans la représentation des fonctions holomorphes au moyen de développements de Taylor. Cette théorie est complétée par l'auteur au moyen de divers exemples d'application parmi lesquels celui qui se rapporte au développement des racines des équations algébriques mérite une mention spéciale. Enfin, il montre comment les intégrales de Cauchy servent à former des *fonctions majorantes*, ce qui est utile pour établir, par la méthode dite *des limites*, l'existence des intégrales des équations différentielles.

Après avoir indiqué les moyens de définir et de représenter les fonctions analytiques à l'intérieur de certains domaines, la question se pose d'étudier leur *prolongement*, au sens de Weierstrass, en dehors de ces domaines : tel est l'objet du Chapitre V.

Cette difficile théorie, dont M. A. Fouët est parvenu à donner un résumé d'une remarquable netteté, a puissamment contribué à rendre plus pénétrante notre connaissance de la nature des fonctions analytiques, en nous révélant " des théorèmes qui, au dire de Weierstrass, ne s'accordent point avec les vues ordinaires „. Le fait, définitivement établi par les travaux de M. Pringsheim, que la fonction la plus générale (pour laquelle la distribution des points singuliers n'est soumise à aucune loi) ne correspond pas à la série la plus générale (dont les coefficients ne suivent aucune loi), peut être cité parmi ceux qui sont faits pour nous surprendre. On en peut dire autant de l'existence des fonctions à *espace lacunaire*, mise définitivement en lumière par M. Poincaré. Il y a là tout un ensemble de notions absolument capitales que la simple intuition eût été impuissante à nous faire prévoir *à priori*. Weierstrass nous a appris que " le concept d'une fonction monogène d'un argument complexe et le concept d'une dépendance exprimable par une suite d'opérations arithmétiques ne se recouvrent pas entièrement. De là il suit que plusieurs théorèmes importants de la nouvelle théorie des fonctions ne peuvent être toujours appliqués aux fonctions de variables complexes, entendues dans le sens des anciens analystes Euler, Lagrange, etc. „

Au sujet de la représentation d'une branche uniforme de fonction analytique de façon qu'il y ait coïncidence entre son domaine d'existence et le domaine de convergence des éléments introduits pour la représenter, l'auteur cite les travaux de MM. Borel, Lindelöf, Le Roy. Il analyse ceux de MM. Mittag-Leffler, Runge, Painlevé, Hilbert, relatifs à la recherche d'une série *unique* qui donne explicitement une telle branche de fonction en tout point de son domaine d'existence.

L'une des raisons capitales de l'intérêt qui s'attache aux fonctions analytiques réside dans le fait qu'elles se présentent comme solutions de nombre d'équations différentielles. C'est encore à Cauchy que l'on doit les premiers résultats précis rencontrés sur ce sujet qui remplit le Chapitre VI.

C'est, en premier lieu, des fonctions implicites que s'occupe l'auteur; il en démontre l'existence, d'abord suivant le mode proposé par Weierstrass, puis par un autre procédé fort simple inspiré du cas des fonctions algébriques. Dans le cas particulier de l'inversion d'une fonction holomorphe il fait usage du procédé de Cauchy. Il passe de là au cas général de p fonctions à n variables.

Pour les équations différentielles ordinaires, l'auteur distingue, en vue d'établir les théorèmes d'existence, trois méthodes principales ainsi dénommées : *calcul des limites* (Cauchy-Weierstrass), *quadratures* (Cauchy-Lipschitz), *approximations successives* (Picard). Il s'étend sur la première, en s'inspirant des procédés de Weierstrass et de M. Méray, d'abord dans le cas d'une seule équation du premier ordre, puis dans celui d'un système quelconque d'équations du premier ordre. Pour prouver que le système de solutions est unique, ainsi que M. Picard l'a établi pour la première fois de façon précise, il a recours à la démonstration directe due à M. Painlevé.

Une fois résolus les problèmes d'existence, la question se posait de poursuivre, sur l'équation elle-même, l'étude de l'intégrale obtenue. Cette recherche, d'abord entreprise par M. Fuchs, a fait, depuis lors, l'objet de nombreux travaux parmi lesquels ceux de M. Poincaré méritent d'être cités à part. C'est la détermination des singularités qui domine toute cette étude ; parmi elles, les *singularités essentielles mobiles* sont la source des plus grandes difficultés. Grâce à un théorème célèbre, dont l'auteur rapporte la démonstration, M. Painlevé est parvenu à vaincre ces difficultés pour une classe étendue d'équations du premier ordre.

Après avoir rappelé que, pendant fort longtemps, le seul procédé d'intégration essayé pour les équations différentielles consistait à s'efforcer de les ramener à des équations résolubles à l'aide de transcendantes élémentaires ou par quadratures, l'auteur ajoute que la connaissance aujourd'hui acquise des modes de représentation des fonctions uniformes a permis d'agrandir le champ des équations intégrables en y comprenant celles dont l'intégrale, sans être réductible aux transcendantes classiques, est uniforme.

Dans le cas du premier ordre, le bénéfice n'est qu'illusoire, M. Poincaré ayant prouvé que les équations à intégrale uniforme rentrent toutes dans des types précédemment intégrés.

A partir du second ordre, il n'en va plus de même, et c'est l'une des plus belles découvertes de M. Painlevé d'avoir non seulement déterminé explicitement les équations du second ordre dont l'intégrale générale est uniforme, mais encore discerné parmi elles (en les réduisant à cinq types canoniques) celles qui introduisent des fonctions uniformes *essentiellement nouvelles*. Il a d'ailleurs également ouvert la voie pour une étude analogue relative aux équations d'ordre supérieur.

Relativement aux intégrales des équations aux dérivées partielles, c'est encore Cauchy qui a démontré les premiers théorèmes d'existence. On doit encore citer dans cette voie les travaux de Mme de Kowalewski, de MM. Darboux, Riquier, Delassus. On peut dire, après les résultats obtenus par ce dernier géomètre, que la question est aujourd'hui complètement résolue. L'auteur, en s'inspirant de M. Picard, démontre le théorème fondamental d'existence par le calcul des limites. A l'occasion du problème de l'intégration généralisée il introduit la notion des *caractéristiques* de Beudon.

Les équations de Laplace, d'une si haute importance à la fois pour l'Analyse, la Géométrie, la Mécanique et la Physique, servent à l'auteur, en élargissant le champ de recherche quant aux conditions limites, à poser le problème de Dirichlet, précisé par Riemann. Il signale les méthodes générales : *passage à la limite par procédé alterné* (Schwarz), *moyenne arithmétique* (C. Neumann), *balayage* (Poincaré), enfin l'extension donnée par M. Hilbert à la méthode même de Dirichlet et de Riemann, rendue tout à fait rigoureuse. Après avoir précisé la distinction entre le problème *intérieur* et le problème *extérieur*, il expose en détail la méthode de Neumann et donne le principe de celle d'Hilbert. Il termine par quelques mots sur les singularités essentielles des intégrales des équations de Laplace et sur le rôle que jouent les caractéristiques dans cette théorie.

Le Chapitre VII, fort court, contient un aperçu sur les fonctions définies par des propriétés fonctionnelles. En partant du problème classique d'Abel, l'auteur parvient à l'énoncé du problème général. Il traite, à titre d'exemples, le cas des fonctions circulaires définies comme fonctions méromorphes simplement périodiques et celui des fonctions elliptiques définies comme fonctions analytiques uniformes présentant un théorème d'addition algébrique.

Après avoir, dans ce qui précède, étudié les divers modes de définition et de représentation des fonctions analytiques, M. Fouët s'applique, dans son Livre II, à montrer comment on peut développer systématiquement la théorie de ces fonctions en se plaçant à divers points de vue caractérisés respectivement par les noms de Cauchy, de Weierstrass et de Riemann, bien qu'à la vérité le germe des méthodes de ces deux derniers géomètres se rencontre déjà dans les travaux du premier ; toutefois le parti qu'ils ont su en tirer justifie amplement l'habitude prise de désigner ces méthodes par leur nom.

Le point de vue de Cauchy fait l'objet du Chapitre VIII. Il

dérive essentiellement de la représentation des fonctions analytiques au moyen d'intégrales prises le long de certains contours.

L'auteur montre d'abord avec quelle aisance il permet de faire la théorie des séries de Taylor et, conséquemment, des fonctions entières qu'elles servent à définir. Il démontre, à cette occasion, les importants théorèmes de Cauchy-Liouville, d'Hermite, de Picard, de Weierstrass, et expose les méthodes de *prolongement analytique par représentation conforme* (Lindelöf) et *par symétrie* (Schwarz) en donnant, d'après MM. Painlevé et Schwarz, les conditions de possibilité de prolongement.

La méthode de Cauchy se prête aussi à une étude très précise et très féconde des séries de Laurent (propres à la représentation des fonctions uniformes, régulières dans une couronne) et de leurs diverses extensions, de celles aussi de M. Mittag-Leffler fournissant, moyennant la considération de ce que ce géomètre a appelé l'*étoile*, la représentation générale des branches uniformes des fonctions analytiques. Les procédés de M. Mittag-Leffler ont d'ailleurs conduit M. Phragmén à une nouvelle extension de la formule de Laurent. L'auteur donne également la formule fort importante de M. Jensen, relative aux zéros et aux pôles d'une fonction méromorphe.

Il fait encore, d'après M. Rouché, l'application de la méthode de Cauchy à l'étude de la série de Lagrange, prenant comme exemples l'équation de Kepler et les polynomes de Legendre.

Le théorème de Laurent comporte une extension de la notion de résidu sur laquelle s'étend ensuite l'auteur.

Parmi les applications classiques de la méthode de Cauchy, il convient de distinguer l'évaluation de certaines intégrales définies et l'intégration de certaines équations différentielles. Pour l'un et l'autre de ces ordres d'applications, l'auteur développe nombre d'exemples caractéristiques. Nous citerons les intégrales de Poisson et de Fresnel, les équations linéaires à coefficients constants, avec ou sans second membre, à coefficients du premier degré de Laplace, et, comme cas particulier de celles-ci, l'équation de Bessel.

Le Chapitre se termine par l'indication de l'usage que l'on peut faire du théorème fondamental de Cauchy dans le cas des fonctions analytiques de plusieurs variables.

Formé surtout à l'école d'Abel, Weiersirass, reprenant l'idée anciennement mise en avant par Lagrange pour l'exposé des principes du Calcul différentiel, s'est proposé d'édifier systématiquement la théorie des fonctions analytiques en se plaçant au

seul point de vue arithmétique, ainsi que nous l'apprend le Chapitre IX.

Il part, comme élément primordial, de la notion des fonctions entières définies par leur développement de Taylor pour en déduire leur décomposition en facteurs primaires, qui constitue une de ses plus belles découvertes. A ce mode de représentation se rattache l'importante notion du *genre*, introduite par Laguerre, et complétée par celle d'*ordre* qui est due à M. Borel. L'auteur indique même l'extension de la formule de Weierstrass aux fonctions analytiques uniformes non entières.

Comme exemples de fonctions entières définies par l'ensemble de leurs zéros, il choisit le sinus, l'inverse de la fonction eulérienne, la fonction σ de Weierstrass.

Les fonctions méromorphes apparaissent ensuite comme quotients de fonctions entières. L'auteur en fait également connaître la représentation par des séries de fractions rationnelles, due à M. Mittag-Leffler. Il donne, d'après M. Hadamard, les relations entre les coefficients de l'élément initial et les affixes des pôles.

Passant aux fonctions analytiques uniformes dont les singularités sont dénombrables, il démontre la formule de Mittag-Leffler pour le cas où les singularités sont isolées avant d'indiquer son extension au cas général.

L'auteur fait voir ensuite comment le même mode de définition par des séries entières a été appliqué par Weierstrass aux fonctions analytiques de plusieurs variables ; pour leur décomposition en facteurs, également mise en lumière par l'illustre géomètre, il suit, en se bornant au cas de deux variables, l'élégante méthode proposée par M. Simart. Il signale enfin l'important corollaire du théorème général relatif à la divisibilité des séries entières, d'où Weierstrass a déduit la classification des singularités des fonctions analytiques uniformes.

Le Chapitre X est réservé au point de vue de Riemann.

A l'encontre de son émule qui s'était astreint à ne point s'écarter de la logique pure, fondée sur des considérations uniquement arithmétiques, Riemann s'est laissé guider par l'intuition géométrique, ou même physique, dont son génie a su tirer un merveilleux parti. « Chacune de ses conceptions, a dit M. Poincaré, est une image que nul ne peut oublier dès qu'il en a compris le sens. »

C'est la notion de *fonction harmonique*, empruntée à la Physique, qui sert de base à ses travaux.

Au seuil de l'étude des fonctions harmoniques, l'auteur place

une relation, déduite de la formule de Green, et qui joue le même rôle que la formule prise par Cauchy pour point de départ de sa théorie ; il fait voir immédiatement le parti qu'on en peut tirer pour la solution du problème de Dirichlet dans le cas d'un contour circulaire et démontre les théorèmes fondamentaux relatifs aux fonctions harmoniques, notamment ceux d'Harnack qui jouent dans cette théorie le même rôle que ceux d'Abel dans l'étude des séries entières ; il étudie en particulier la *fonction de Green* qui intervient dans la théorie de la représentation conforme et expose la théorie du prolongement analytique dans le cas des fonctions harmoniques.

Il fait voir ensuite comment peuvent être établies les propriétés fondamentales des fonctions analytiques engendrées au moyen des fonctions harmoniques de deux variables.

La méthode géométrique d'introduction des fonctions analytiques, fondée sur leur identification avec les lois de transformation conduisant à des représentations conformes, constitue l'une des plus ingénieuses conceptions de Riemann. L'auteur expose cette élégante théorie qui n'intéresse pas moins la Géométrie que la Théorie des fonctions, ne fût-ce que par l'admirable unité qu'elle introduit dans le *problème des cartes* en permettant de déduire toutes ses solutions d'une seule d'entre elles sans intégration. Il y a plus : Riemann a fait voir la possibilité d'établir, par l'intermédiaire d'une fonction analytique, une représentation biunivoque et conforme de deux domaines plans quelconques (à connexion simple) l'un sur l'autre. Et de là, par une marche inverse, Riemann et M. Schwarz ont pu déduire une méthode nouvelle pour résoudre le problème de Dirichlet. L'auteur fait enfin connaître l'important théorème de M. Poincaré qui permet de ramener les fonctions multiformes aux fonctions uniformes.

A titre de compléments, l'auteur, dans deux paragraphes spéciaux, montre, d'une part, le lien que Weierstrass a établi entre la théorie des fonctions analytiques d'une variable complexe et celle des *surfaces minima,* de l'autre, la façon dont on peut aussi rattacher à cette théorie tout problème de Mécanique ou de Physique où intervient un potentiel. Une interprétation physique intéressante résulte, en particulier, de l'étude des mouvements irrotationnels et permanents de certains fluides.

Si, dans son ensemble, l'ouvrage de M. Fouët offre un puissant intérêt, les trois derniers Chapitres qui viennent d'être analysés peuvent être cités comme particulièrement captivants.

Il convient d'ajouter que, d'nn bout à l'autre de l'ouvrage, l'auteur, en s'efforçant de réduire le texte principal aux parties vraiment essentielles de la théorie, a rejeté dans des notes nombreuses, souvent assez développées, de précieux aperçus sur les sujets qu'il a cru devoir réserver parce que de nature trop transcendante, et qu'il fournit ainsi au lecteur le moyen, s'il le juge à propos, de parfaire son instruction en lui indiquant de façon précise les sources auxquelles il devra s'adresser. Mais ces courtes indications sont déjà suffisantes par elles-mêmes pour élargir dans une notable mesure le cercle des idées du lecteur.

Une image nous aidera à rendre cette pensée plus nette : en nous faisant parcourir la voie la plus directe et la plus facile qu'il a reconnue pour nous conduire au cœur de la théorie des fonctions analytiques, M. Fouët, à chacun des tournants principaux, promène notre regard sur les vastes horizons qui de là peuvent s'offrir à nous, et nous fournit, si nous le désirons, le moyen d'aller y faire des explorations ; mais pour ceux qui redoutent de s'aventurer en des chemins trop difficiles, ce qu'il leur en dit en les leur montrant de haut est de nature à leur en donner une idée très suffisante.

M. O.

II

Leçons élémentaires sur la théorie des groupes de transformations, professées à l'Université de Messine par G. Vivanti, traduites par A. Boulanger, Maître de conférences à l'Université de Lille. Un vol. in-8° de 296 pages.— Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Comme le précédent, le présent ouvrage vise à donner un exposé condensé d'nne des théories les plus importantes des Mathématiques modernes. Toutefois, sous le rapport de la composition, il en diffère essentiellement par le caractère que voici : pour composer ses Leçons sur les fonctions analytiques, M. Fouët a dû amalgamer les travaux d'un assez grand nombre de géomètres, et, plus particulièrement, des trois fondateurs de la théorie, Cauchy, Weierstrass et Riemann, en s'efforçant de faire ressortir les différences de leurs points de vue ; tout autre est le genre de travail auquel a dû se livrer M. Vivanti pour com-

poser ses Leçons sur les groupes de transformations ; sortie, peut-on dire, tout entière du cerveau d'un seul inventeur, Sophus Lie, la théorie, d'abord esquissée par lui dans quelques Mémoires (peu lus parce qu'écrits, en partie, en norwégien), a, sous sa plume même, pris une forme définitive, d'une ordonnance rationnelle, dans un ouvrage d'environ 2000 pages, paru en trois volumes, de 1888 à 1893, et rédigé en allemand avec l'aide d'un de ses élèves, M. Engel ; ce n'est donc pas, comme dans le cas précédent, une synthèse de Mémoires originaux qu'a eu à effectuer M. Vivanti, mais un résumé de l'exposé magistral donné par l'auteur même de la théorie. Il ne faudrait pas croire d'ailleurs qu'un travail de ce genre fût d'une petite difficulté ; il suppose une connaissance approfondie du sujet et de longues méditations propres à faire reconnaître, dans l'ensemble compact de la théorie, les parties essentielles susceptibles d'en être détachées pour entrer dans un exposé élémentaire. On ne saurait refuser à M. Vivanti le mérite de s'être tiré de cette tâche ardue avec beaucoup de science et de discernement, et les lecteurs de langue française seront reconnaissants à M. Boulanger (dont la traduction n'a nullement altéré les qualités de l'original) d'avoir mis à leur disposition cet exposé facile et clair, d'une longueur raisonnable, qui leur permettra de pénétrer assez avant dans cette belle et importante théorie alors qu'un bien petit nombre sans doute auraient eu le courage d'affronter le volumineux exposé de Lie.

La théorie des groupes offre, en Mathématiques, un intérêt à peu près universel ; elle a permis de relier entre elles diverses branches de ces sciences entre lesquelles on ne soupçonnait *à priori* aucune analogie, et de donner plus de solidité aux fondements de plusieurs d'entre elles ; elle s'est prêtée à des applications inattendues. Les principes généraux font l'objet de la première Partie du livre qui nous occupe. Ils sont d'un caractère abstrait et il est assez malaisé d'en donner une idée sans recourir aux symboles mathématiques. On peut, sans entrer dans le détail, dire que les transformations définies par des équations, où figurent un certain nombre de paramètres arbitraires, forment un *groupe* lorsque deux quelconques de ces transformations (définies par des valeurs différentes des paramètres arbitraires), successivement appliquées, produisent le même effet qu'une seule transformation définie par les mêmes équations avec d'autres valeurs des paramètres arbitraires. On peut d'ailleurs traduire géométriquement cet énoncé en considérant l'ensemble

des n variables auxquelles on applique la transformation comme des coordonnées définissant un point dans un espace à n dimensions.

L'importance d'une telle considération tient à l'existence de certains systèmes d'équations auxquelles satisfont les dérivées partielles des variables transformées, par rapport aux paramètres arbitraires définissant la transformation, existence dont la démonstration constitue ce que Lie lui-même a appelé son *premier théorème fondamental.*

A la base de l'étude de ces groupes se présente celle des groupes à un paramètre, pour lesquels, bien entendu, la question se simplifie, les équations dont il vient d'être parlé se réduisant alors à des équations différentielles ordinaires. L'auteur, après avoir montré comment on effectue leur intégration, particularise le système en supposant que le groupe renferme la transformation identique, auquel cas il donne lieu à une interprétation géométrique remarquablement simple, chacune de ses transformations correspondant à une translation parallèle à un axe de coordonnées dans un certain espace à n dimensions.

Mais ces groupes à un paramètre contenant la transformation identique présentent un autre caractère plus caché, d'un intérêt capital : chacun d'eux contient une transformation infinitésimale, et une seule, et celle-ci le détermine complètement.

Dans le cas de trois variables, ces faits analytiques reçoivent une interprétation physique très curieuse fondée sur la considération de ce qu'on appelle le mouvement *stationnaire* d'un fluide (mouvement où la vitesse en chaque point ne dépend pas explicitement du temps).

La notion de transformation infinitésimale, introduite à l'occasion de la question précédente, joue, au reste, un rôle capital dans la théorie générale. Une analyse délicate permet, en effet, d'établir qu'on peut, au moyen de telles transformations infinitésimales, prises en nombre quelconque, construire des groupes de transformations ayant le même nombre de paramètres essentiels.

Après avoir rappelé quelques théorèmes relatifs aux équations différentielles, nécessaires à son objet, l'auteur entame l'étude des fonctions et équations qui admettent des transformations données, c'est-à-dire que ces transformations laissent invariantes. C'est ici que s'affirme l'importance analytique de la notion de transformation infinitésimale, deux systèmes équivalents d'équations admettant les mêmes transformations infinitésimales. Dès

lors, le problème se pose de trouver tous les systèmes possibles d'équations qui admettent des transformations infinitésimales données, problème dont la solution est développée tout au long par l'auteur. Il recherche ensuite la condition nécessaire et suffisante pour qu'un système complet d'équations différentielles admette le groupe des transformations à un paramètre, défini par une certaine transformation infinitésimale, et part de là pour démontrer le *deuxième théorème fondamental* visant la condition nécessaire et suffisante pour que r transformations infinitésimales indépendantes engendrent un groupe de transformations à r paramètres essentiels et que complète le *troisième théorème fondamental*, faisant connaître les relations qui lient les r^3 constantes de structure d'un groupe à r paramètres.

A ces notions fondamentales, Lie est venu en ajouter d'autres, d'un caractère *à priori* fort abstrait et dont on ne parvient à saisir l'importance qu'en avançant dans la théorie et surtout en se rendant compte des applications auxquelles elle conduit. L'auteur les aborde successivement. Telles sont celles de *transitivité* et de *primitivité* des groupes de transformations, de *variétés invariantes* (dont les points s'échangent entre eux par les transformations du groupe), de *systèmes invariants* de transformations infinitésimales, de *groupe adjoint* (faisant correspondre à chaque transformation du groupe une transformation linéaire appartenant elle-même à un groupe dont on détermine le nombre de paramètres essentiels), de *structure* des groupes, et, en particulier, d'*isomorphisme*, de *similitude* des groupes, de *groupe paramétrique*, de *groupe dualistique*, de *groupes prolongés*, d'*invariants différentiels du groupe primitif*. L'étude de ces questions ardues exige de la part de l'étudiant uniquement familiarisé avec les principes de l'Analyse classique, un effort soutenu ; mais nous croyons pouvoir affirmer que cet effort ne saurait être soulagé davantage que par l'exposé très net de M. Vivanti, fort bien transposé dans notre langue par M. Boulanger. Toutefois il faut convenir que ces généralités offrent à qui les aborde pour la première fois un caractère en quelque sorte artificiel que, seules, les applications sont capables de faire disparaître. Aussi M. Vivanti nous semble-t-il avoir sagement agi, rompant ici avec l'exemple de Lie, en insérant immédiatement à la suite des principes généraux (et avant de passer à l'étude de certaines transformations spéciales) leur application aux équations différentielles, qui constitue la deuxième Partie de l'ouvrage.

L'importance primordiale du rôle joué par la théorie de Lie dans l'étude des équations différentielles réside dans le fait qu'elle a permis de montrer que *les équations différentielles intégrables par les procédés connus de l'Analyse sont celles qui admettent des transformations infinitésimales connues.*

Pour traiter la question, l'auteur se limite à la considération des équations du premier ordre résolues par rapport à la dérivée.

Le résultat de Lie peut s'énoncer ainsi : *la connaissance d'un groupe par rapport auquel la famille des courbes intégrales d'une équation du premier ordre est invariante suffit pour qu'on puisse trouver un facteur intégrant de cette équation et, par suite, ramener son intégration aux quadratures.*

Après avoir établi ce résultat, illustré par plusieurs exemples, l'auteur montre le parti que l'on peut tirer, à l'égard d'une équation différentielle du premier ordre, de la connaissance d'une ou de deux transformations infinitésimales admises par cette équation et s'occupe de la détermination des équations différentielles qui admettent un groupe donné à un paramètre et donne une interprétation géométrique du facteur intégrant. Il étend ensuite la méthode précédente à des équations, d'abord à trois, puis à un nombre quelconque de variables, dont la forme généralise celle des équations à deux variables d'abord envisagées, et il fait voir comment la théorie des multiplicateurs de Jacobi se lie à celle des transformations infinitésimales. Il donne d'ailleurs, dans le cas de trois variables, une interprétation géométrique remarquable d'un tel multiplicateur et en indique une application au mouvement stationnaire d'un fluide incompressible. Il montre enfin, en se bornant au cas de trois variables, les avantages qu'on tire, pour l'intégration d'une équation différentielle, de la connaissance des transformations infinitésimales qui laissent l'équation invariante.

La troisième et dernière Partie est réservée à l'étude des *transformations de contact.* Ces transformations, fort importantes à considérer pour les applications et qui laissent invariante certaine équation dite *pfaffienne,* comprennent comme cas particulier les transformations ponctuelles prolongées. Géométriquement, elles changent, dans le plan, toute variété simplement infinie d'éléments linéaires en une variété de même espèce. Après avoir établi les propriétés fondamentales de ces transformations, d'abord dans le plan, puis dans l'espace à trois dimensions et enfin dans un espace quelconque, l'auteur fait voir

comment on peut effectuer leur construction sans intégration en construisant d'abord toutes les transformations de contact *homogènes* possibles dont toutes les autres peuvent se déduire.

Après une courte digression sur la théorie des équations aux dérivées partielles, au cours de laquelle il démontre l'identité de Jacobi pour en déduire le théorème de Poisson, il traite des groupes de fonctions en général, et particulièrement des groupes homogènes, et étudie la structure de tels groupes. La notion des transformations de contact infinitésimales le conduit à la démonstration du théorème réciproque du troisième fondamental de Lie, affirmant que si r^3 constantes satisfont aux relations mises en évidence par ce théorème, il existe toujours un groupe à r paramètres dont elles sont les constantes de structure. L'ouvrage se termine par quelques mots sur les groupes de transformations de contact.

M. O.

III

Leçons sur l'intégration et la recherche des fonctions primitives, par Henri Lebesgue, Maître de conférences à l'Université de Rennes. Un vol. in-8° de 138 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Le succès obtenu par les monographies publiées sur divers points de la théorie des fonctions par M. Émile Borel a conduit le jeune et savant professeur à en faire le noyau d'une collection nouvelle qu'il continuera à enrichir de ses contributions personnelles tout en faisant appel à divers collaborateurs chargés de traiter certains sujets pour lesquels ils seront spécialement qualifiés. C'est ainsi qu'il nous offre aujourd'hui les leçons sur l'intégration, professées au Collège de France par M. Henri Lebesgue à titre de titulaire, pendant la session 1902-1903, du cours fondé par la famille Peccot.

Le propre des Mathématiques modernes est non seulement d'enrichir la science par l'introduction de notions nouvelles, mais encore de la préciser et de la fixer en revenant sur d'anciennes notions de façon à en élucider pleinement la nature. Tel est le cas, dans l'ouvrage de M. Lebesgue, pour la notion d'intégrale d'une fonction réelle de variable réelle, sur laquelle, à ne juger

les choses que superficiellement, on eût pu croire qu'il n'y avait rien de nouveau à dire. A la vérité, dans les applications pratiques, on n'a généralement à effectuer de telle intégration qu'entre des limites où la fonction est finie et continue. Mais le mathématicien ne saurait se contenter d'envisager les choses du point de vue simplifié qui suffit au technicien. Il ne saurait se dispenser de creuser les notions qui sont à la base de la science pour en établir avec rigueur la véritable nature et saisir exactement les rapports qu'elles peuvent offrir entre elles. Telle est la tâche que M. Lebesgue s'est imposée en ce qui concerne l'intégration des fonctions réelles de variables réelles. Une telle étude touche plutôt au côté philosophique de la science qu'à son côté pratique ; mais il importe, pour l'honneur de l'esprit humain, qu'elle soit poussée à fond.

L'étude à laquelle s'est livré M. Lebesgue l'a conduit à une définition nouvelle de l'intégrale qui apparaît comme le couronnement de tous les développements contenus dans ses leçons. « Cette définition, dit il, est nécessaire et naturelle. J'ose dire qu'elle est, en un certain sens, plus simple que celle de Riemann, aussi facile à saisir que celle-ci et, seules, des habitudes d'esprit antérieurement acquises peuvent la faire paraître plus compliquée. Elle est plus simple parce qu'elle met en évidence les propriétés les plus importantes de l'intégrale, tandis que la définition de Riemann ne met en évidence qu'un procédé de calcul. »

Avant d'aborder l'objet de ses recherches personnelles, l'auteur a eu soin d'exposer avec netteté le développement de la notion d'intégrale depuis ses origines jusqu'à Riemann en passant par Cauchy et Dirichlet. Il donne d'ailleurs à la définition de Riemann une forme géométrique qui suppose acquises, relativement à la mesure des ensembles, certaines connaissances sur lesquelles il s'étend en suivant la méthode d'exposition de M. Jordan. Il donne aux ensembles mesurables par le procédé de ce savant géomètre le nom d'*ensembles mesurables* J, et c'est leur considération qui lui permet d'établir la définition géométrique équivalente à celle de Riemann, qui, dans le cas d'une fonction continue, n'offre avec celle de Cauchy que des différences de forme. Dans le cas des fonctions discontinues, elle permet de retrouver les intégrales par excès et par défaut de M. Darboux avec leur signification géométrique.

Quelques-uns des résultats obtenus jusque-là sur l'intégrale s'appliquent à la rectification des courbes, moyennant la considération d'une classe importante de fonctions définies par

M. Jordan, les *fonctions à variation bornée,* auxquelles l'auteur consacre un chapitre.

Passant à la notion d'intégrale indéfinie, l'auteur montre qu'elle ne doit pas être confondue avec celle de fonction primitive. Néanmoins l'intégration peut rendre d'importants services dans la résolution de problèmes qui généralisent, en des sens divers, le problème des fonctions primitives, et l'auteur développe cette étude où les *nombres dérivés* de P. du Bois-Reymond et Dini jouent le rôle principal.

Inversement, on peut des fonctions primitives déduire l'intégrale définie, ainsi que le font Duhamel et Serret ; mais cette définition n'est pas équivalente à celle de Riemann, comme le fait voir l'auteur en s'appuyant notamment sur l'exemple, dû à M. Volterra, d'une fonction dérivée non intégrable au sens de Riemann.

Cette étude critique amène M. Lebesgue à remarquer " le rôle de certaines propriétés simples, conséquences de toutes les définitions de l'intégrale déjà étudiées ", qui " doivent nécessairement appartenir à l'intégrale, si l'on veut qu'il y ait quelque analogie entre cette intégrale et l'intégrale des fonctions continues ". Il se propose, en conséquence, d'attacher à toute fonction bornée, définie dans un intervalle fini, un nombre fini, qui sera dit son intégrale et qui devra répondre aux conditions essentielles (au nombre de six) du problème d'intégration. Il obtient ainsi une définition dite *descriptive,* en opposition avec celles dites *constructives* (les plus fréquentes en Analyse) par lesquelles on énonce quelles opérations il faut faire pour obtenir l'être que l'on veut définir. D'ailleurs, pour pouvoir être appliquée, une définition descriptive doit être traduite en une définition constructive. C'est ce à quoi parvient M. Lebesgue, en ce qui concerne sa définition de l'intégrale, en faisant voir d'abord que *pour savoir calculer l'intégrale d'une fonction quelconque, il suffit de savoir calculer les intégrales des fonctions* ψ *qui ne prennent que les valeurs* 0 *et* 1, et traitant ensuite le problème de l'intégration de ces dernières fonctions, qui, traduit en langage géométrique, donne naissance au problème de la *mesure des ensembles,* auquel se rattache ensuite la notion des *fonctions mesurables.* L'ensemble de toutes les considérations qui précèdent permet enfin à l'auteur d'énoncer sa définition analytique de l'intégrale, définition constructive cette fois, à laquelle il fait correspondre une définition géométrique, ainsi qu'il l'a fait plus haut pour la définition de Riemann. Il montre ensuite

comment, avec la nouvelle définition proposée, peuvent se traiter les problèmes de la recherche des fonctions primitives et de la rectification des courbes.

Faisant, dans tout le cours de son ouvrage, un appel constant à la théorie des ensembles, M. Lebesgue consacre à cette théorie un appendice dans lequel il démontre diverses propositions importantes touchant les ensembles dérivés, les nombres transfinis, les ensembles réductibles et les ensembles parfaits.

M. O.

IV

L'Euclide emendato del P. Gerolamo Saccheri. Traduzione e note del Pref. G. Boccardini. Con 55 incisioni. Un vol. in-18, cartonné, de xx-26 pages. — Milano, Hoepli, 1904. Prix : 1 fr. 50.

Beltrami a fait connaître au monde scientifique, en 1889, l'ouvrage oublié et pourtant si remarquable du P. Saccheri. S. J., *Euclides ab omni naevo vindicatus,* qui a paru à Milan, en 1733, quelques mois avant la mort de l'auteur. Nous avons publié une analyse critique du livre I de l'ouvrage de Saccheri dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (1890, t. XIV, 2me partie, pp. 46-49) et en supplément dans Mathesis (1891) ; Veronese l'a aussi analysé dans ses *Fundamenti di Geometria* ; il a été traduit en anglais par Halsted (The American Mathematical Monthly, 1894 et suiv.), en allemand par Engel et Stäckel *(Die Theorie der Parallellinien von Euclid bis Gauss.* Leipzig, Teubner, 1895).

Malgré ces analyses ou traductions, l'*Euclides ab omni naevo vindicatus* n'est pas encore aussi connu qu'il mérite de l'être : l'original est extrêmement rare ; les analyses et les traductions font partie de publications volumineuses. On doit donc savoir gré à M. Boccardini de l'avoir rendu accessible à tous les amateurs de la géométrie non euclidienne en en faisant paraître une traduction sous un format commode et avec d'excellentes notes critiques ou explicatives.

Beltrami a proclamé avec raison que Saccheri est un précurseur de Legendre et de Lobatchefsky. Il l'est, non seulement parce qu'il a démontré rigoureusement les premiers principes de la géométrie lobatchefskienne, mais surtout parce qu'il est le

créateur de la *critique des postulats*. Pour voir si le postulat V d'Euclide est indépendant des vérités géométriques admises, Saccheri crée un système logique de géométrie indépendant de ce postulat. On n'a eu qu'à l'imiter en laissant de côté le postulat VI d'Euclide et le principe d'Eudoxe appelé postulat d'Archimède, pour construire de toutes pièces la géométrie riemannienne et la géométrie non archimédienne. Il est vrai que Saccheri, insuffisamment instruit dans la théorie des infiniment petits, a essayé de détruire de ses propres mains l'édifice qu'il venait d'élever. Mais cette partie négative de son œuvre n'a eu aucune influence, tandis que la partie positive conduisait Lambert au théorème du déficit ; par Lambert ou directement, elle a sans doute agi sur Gauss et les deux Bolyai; par l'analyse qui en a paru dans l'*Euclide* de Camerer, sur Lobatchefsky.

Le petit livre de M. Boccardini contient la traduction presque complète du livre I de Saccheri consacré au postulat V d'Euclide, puis des extraits et une analyse substantielle du livre II où Saccheri défend certains points délicats de la théorie des proportions d'Euclide.

Il n'est plus possible aujourd'hui de bien savoir la géométrie ordinaire, la géométrie euclidienne, sans connaître la géométrie non euclidienne. La manière la plus facile de s'initier à celle-ci consiste à suivre la méthode historique, c'est-à-dire à lire avant tout le livre I de Saccheri. La chose est aisée maintenant ; il suffit de prendre pour guide la traduction italienne (1) et les notes de M. Boccardini qui éclairent ou corrigent Saccheri et rattachent, partout où il le faut, ses théorèmes à ceux de la géométrie non euclidienne.

P. M.

V

Phénomènes fondamentaux et principales applications du Courant alternatif, par R. Swingedauw, chargé de l'enseignement électrotechnique à l'Université de Lille. Un volume in-8° de 173 pages, avec 62 figures dans le texte et 3 planches. — Paris, Vve Ch. Dunod, 1904.

(1) L'italien des géomètres est facile à comprendre pour quiconque connaît le latin ou une des langues néo-latines.

Les traités d'électricité sont nombreux déjà et il en paraît néanmoins encore tous les jours : on pourrait craindre que l'offre ne dépasse bientôt la demande, mais cela ne regarde que Messieurs les Éditeurs. Ces ouvrages, parus sous les titres les plus divers, peuvent être partagés en deux catégories : les uns constituent un exposé magistral de cette vaste et inépuisable question ; ils ne sont pas à la portée de l'esprit et de la bourse de tous, ce qui ne devrait pourtant pas les dispenser d'être clairs et précis et suffisamment condensés ; il semble qu'on ait toujours le droit d'y chercher des aperçus profonds et des idées originales. D'autres au contraire ont la prétention d'être écrits pour tout le monde ; leurs auteurs sont donc obligés de restreindre au strict minimum l'appareil mathématique dont les premiers abusaient trop souvent ; il n'en résulte pas nécessairement qu'ils soient plus intelligibles, car la simplicité des formules n'est pas la qualité unique et essentielle d'une bonne vulgarisation. Nous connaissons de ces A B C, destinés à former en un mois un parfait électricien, qui sont peu lumineux et dont la lecture est pénible même pour ceux qui savent déjà : hâtons-nous de dire qu'il existe au contraire dans cette catégorie des livres excellents.

L'ouvrage de M. Swingedauw prendra place parmi ceux-ci. L'auteur a voulu écrire un résumé qui n'a pas la prétention, dit-il lui-même, de remplacer un traité, mais qui condense en peu de pages ce qu'il faut savoir pour étudier, comprendre et appliquer le courant alternatif. C'est donc un *compendium*, forcément un peu sec, comme ces livres le sont tous, mais méthodique et bien ordonné. En dix-neuf chapitres, formant quatre parties, le lecteur apprend à connaître les propriétés générales des courants continus puis des courants alternatifs, les alternateurs et les moteurs, les transformateurs et les convertisseurs : l'exposé est donc complet.

M. Swingedauw a introduit une innovation dans l'étude de l'alternatif : il ne spécifie pas la forme du courant et se base seulement sur la notion de période et sur quelques caractères généraux présentés par les courants industriels. Il lui a été possible ainsi d'étendre à des courants périodiques quelconques la notion de courant watté et déwatté, et d'établir les formules fondamentales des moteurs à champ tournant sans dispersion. L'hypothèse sinusoïdale est donc écartée ; de fait, on peut s'en passer pour l'explication de la plupart des phénomènes, lorsqu'on n'a pas à déterminer les valeurs numériques des grandeurs.

Notons encore que M. Swingedauw ne se sert que des unités

pratiques (sauf pour les champs magnétiques) dans le but d'épargner à son lecteur l'obligation de faire des conversions d'un système dans un autre.

Imprimé à Lille, chez MM. Le Bigot frères, sous les yeux de l'auteur, ce livre est d'une remarquable correction et d'une exécution que nous devons signaler, pour faire ressortir toute sa valeur.

AIMÉ WITZ.

VI

ÉLÉMENTS DE CHIMIE INORGANIQUE, par le Prof. Dr W. OSTWALD, traduits de l'allemand par L. LAZARD. Première partie, *Métalloïdes*. Un vol. grand in-8° de IX-542 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Quand on ouvre un livre signé W. Ostwald, on est toujours sûr d'y rencontrer autant d'originalité que de profondeur. Celui-ci a eu déjà, outre ses deux éditions allemandes dont la première date de 1900, des traductions anglaise, russe et japonaise. C'est assez dire avec quelle intensité de relief il porte la marque du génie si personnel de son auteur. Ajoutez encore à cela le charme d'un style coulant et limpide, chose peut-être assez rare dans les manuels de chimie et qui fait autant d'honneur au traducteur qu'à l'auteur ; ajoutez la splendide impression de la maison Gauthier-Villars, et vous n'hésiterez pas à prédire à l'édition française donnée par M. L. Lazard un grand et légitime succès. Elle a été faite sur la première édition allemande, mais toutes les améliorations de la seconde y ont été introduites.

L'ouvrage que l'éminent professeur de Leipzig s'est proposé d'écrire sous le titre d'*Éléments de Chimie inorganique* est un manuel, mais un manuel fort différent de ceux qui existaient jusqu'à présent. " Il s'agissait, nous dit-il dans sa préface, d'introduire dans l'enseignement les vues et les données de la chimie théorique actuelle, et de faire entrer l'étudiant, dès l'abord, en contact avec les conceptions modernes, au lieu de lui apprendre au commencement des conceptions anciennes et insuffisantes pour qu'il s'aperçoive dans la suite qu'il faut les remplacer par d'autres. „ Et plus loin : " Ce livre marque en un certain sens le terme d'une longue série d'efforts poursuivis avec passion

dans le but d'introduire et de propager partout les nouveaux principes dont Willard Gibbs, Van t'Hoff et Arrhénius ont doté la chimie. „

Un tel but ne peut être atteint qu'en modifiant assez profondément le plan dont ne s'écartent guère les traités de chimie en usage. " Je me suis efforcé, nous dit encore la préface, de ne le faire que dans la mesure du nécessaire, et j'ai conservé les formes traditionnelles autant qu'il m'était possible. Si certains de mes collègues trouvent qu'à cet égard j'ai été trop radical, qu'ils veuillent bien considérer qu'il ne s'agissait pas de réparer un vieil habit en y rajustant des pièces. Il ne peut y avoir d'unité dans un ouvrage que si l'ensemble a été conçu par un seul esprit et réalisé suivant un plan unique. „

Telles sont donc les caractéristiques de l'ouvrage : d'une part, pour le fond, remplacement des théories surannées ; d'autre part, pour la forme, refonte du plan traditionnel. Entrons dans quelques détails sur les points principaux.

La loi générale qui préside aux réactions chimiques est celle de l'*équilibre chimique*. Elle remplace les anciennes considérations sur les forces chimiques, les phénomènes de déplacement et les actions de masse. Toute réaction est limitée par la réaction contraire, et quel que soit le phénomène initial, les éléments mis en présence finissent toujours par former avec leurs composés possibles un mélange en équilibre, où les diverses matières se trouvent dans des proportions constantes. Ces proportions dépendent de la température et de la concentration des matières, c'est-à-dire des quantités contenues dans l'unité de volume. Si cet état d'équilibre final n'est pas toujours facilement reconnaissable, c'est parce que les vitesses de réaction sont extrêmement diverses et que, de plus, certaines des substances en présence peuvent être séparées du mélange à mesure qu'elles se forment. Cette notion de vitesse de réaction sert aussi à donner une explication plausible de la catalyse ou action de présence.

Il n'y a rien de particulièrement neuf dans ces idées : la nouveauté consiste à en faire la base d'un livre d'enseignement élémentaire, et celle-là est considérable.

Ce qui est autrement original, c'est l'usage fait par le Prof. Ostwald de la notion des *ions*. " On ne réfléchit peut-être pas assez, dit il dans sa préface, qu'il est possible et même nécessaire de l'introduire comme une notion purement *chimique* et non comme une notion électrique. Bien qu'elle dérive historiquement de considérations électriques, son importance en chimie tient

avant tout à ce qu'elle exprime le fait *chimique* que *les parties constitutives des sels ont des réactions indépendantes.* C'est donc à ce point de vue que je l'ai exposée. „ Et voici cet exposé, qui mérite d'être cité à la lettre.

“ Nous avons déjà plusieurs fois remarqué que l'hydrogène des acides diffère essentiellement, par ses propriétés, de l'hydrogène des autres composés. Il présente des réactions qui sont toujours les mêmes, quelles que soient les autres parties constitutives des acides. En particulier, il peut toujours être remplacé par des métaux, et c'est de lui que vient la propriété, commune à tous les acides, de rougir le tournesol.

„ De même, l'hydroxyle des différentes bases présente des propriétés constantes. C'est à cause de lui que les bases bleuissent le tournesol rouge et forment sous l'action des acides, avec production d'eau, des composés nouveaux, des sels. Ces propriétés n'appartiennent qu'à l'hydroxyle des bases; les autres composés qui contiennent le groupe hydroxyle, et l'on en connaît un grand nombre, ne les présentent pas.

„ Enfin, dans les sels également, les parties constitutives présentent des propriétés chimiques indépendantes des combinaisons où elles sont comprises. „

Après avoir cité en exemple le chlorure d'argent, obtenu avec tous les chlorures par l'action des sels d'argent, l'auteur continue:

“ Cette indépendance des propriétés n'est pas du tout un fait général. L'eau et l'eau oxygénée sont des exemples de combinaisons qui contiennent l'hydrogène ou l'hydroxyle sans présenter les propriétés des acides ou des bases ; de même il y a beaucoup de composés du chlore qui ne donnent pas de précipité avec les sels d'argent.

„ Pour mieux embrasser l'ensemble des phénomènes chimiques, il est utile de comprendre dans une classe spéciale les matières qui présentent ainsi des réactions communes. Nous l'appellerons *classe des sels ;* le mot *sel*, employé dans ce sens large, s'applique aux acides et aux bases comme aux sels proprement dits.

„ La propriété caractéristique de ces matières est qu'une partie constitutive d'un sel en solution présente des réactions propres, indépendantes de l'autre partie constitutive. Cette relation est réciproque : l'autre partie constitutive a aussi ses réactions propres, indépendantes de la première...

„ On appelle *ions* ces parties constitutives des sels qui réagissent indépendamment les unes des autres...

„ Les ions se distinguent donc des parties constitutives ordinaires des autres combinaisons chimiques en ce qu'ils ont toujours les mêmes propriétés, quel que soit l'autre ion avec lequel ils sont associés ; ils se distinguent également des éléments libres ou des combinaisons de même composition, d'abord en ce qu'ils ont des propriétés différentes, ensuite en ce qu'ils se présentent toujours par couples. „

Les ions sont ensuite rattachés au cas général de l'allotropie. Ainsi le gaz hydrogène et l'ion hydrogène sont deux états allotropiques du même élément, différenciés essentiellement par les quantités différentes d'énergie qu'ils possèdent. Le cas des ions complexes rentre dans les phénomènes d'isomérie.

Une notation nouvelle est alors introduite pour permettre, au besoin, de reconnaître facilement les ions dans les équations chimiques. Les cations sont affectés d'un point, les anions d'un trait. Ainsi on écrira :

$$\widetilde{H^{\cdot} + Cl'} + \widetilde{Na^{\cdot} + OH'} = \widetilde{Na^{\cdot} + Cl'} + H^2O$$

Enfin la quantité d'ions présents dans un acide en solution aqueuse, sa *dissociation*, sert à définir la force d'un acide. Plus cette dissociation est poussée loin, plus les propriétés acides sont développées et plus l'acide est *fort* (p. 289).

Nous avons déjà signalé quelques-unes des théories anciennes dont ces idées nouvelles ont pris la place. Il en est dont on ne regrettera pas la disparition. Mais il en est une dont nous devons nous occuper un peu plus spécialement, et qui ne semble pas aussi heureusement remplacée, c'est la théorie atomique.

La théorie atomique est une hypothèse, c'est entendu. Après avoir été longtemps admise comme une réalité parfaitement objective et soutenue comme telle avec une espèce de ferveur par un grand nombre de savants, elle a fini par suivre l'évolution de toutes les hypothèses scientifiques. La voici ramenée au rôle de simple outil de travail, destiné à être mis de côté quand on en aura découvert un plus puissant ou plus commode. M. Ostwald lui-même expose excellemment cette conception, aujourd'hui banale, dans les termes suivants : “ D'une manière générale, une hypothèse est *un moyen de représenter les choses*. Parmi les phénomènes extérieurs, il en est qu'une expérience continuelle nous rend si familiers que nous en connaissons tous les aspects avec une grande sûreté. Quand nous trouvons une classe nouvelle de phénomènes qui ne nous sont pas familiers,

nous cherchons involontairement des faits comparables parmi ceux que nous connaissons bien. Si nous réussissons à établir une analogie, cela présente pour nous deux avantages. D'abord, cette analogie aide singulièrement la mémoire à conserver ces faits nouveaux. En second lieu, elle fournit un moyen de former des notions vraisemblables sur ce que deviennent ces phénomènes dans des conditions où on ne les a pas encore étudiés. „

On ne saurait mieux dire. La conclusion pratique à tirer de ces considérations dans le cas présent serait donc, semble-t-il : servons-nous de l'hypothèse atomique, puisqu'elle présente ces précieux avantages, mais gardons-nous soigneusement de confondre la représentation toute conventionnelle des choses avec leur réalité objective. Ou bien : écartons cette hypothèse, mais remplaçons-la par une autre qui possède ces mêmes avantages à un degré au moins égal. M. Ostwald ne fait ni l'un ni l'autre : il rejette l'hypothèse atomique, mais sans la remplacer par aucune autre. C'est se priver volontairement de la clarté et de la simplicité que ces sortes de représentations apportent avec elles ; et malgré tout le talent d'exposition de l'éminent professeur, son livre s'en ressent fâcheusement.

Tout d'abord, il se croit obligé de changer les dénominations traditionnelles de poids atomique et de poids moléculaire, ou plus simplement d'atome et de molécule, en *poids de combinaison* et *poids molaire*. Ensuite, pour l'étude des poids molaires, il se trouve dans la nécessité d'imaginer un *gaz normal* fictif, trente-deux fois plus léger que l'oxygène, auquel il rapporte tous ces poids. Puis, l'exposé de la nomenclature chimique n'est pas fait systématiquement, sans doute encore par souci d'écarter tout ressouvenir de la théorie atomique. Enfin, la notion de valence semble bien avoir, elle aussi, souffert de cette préoccupation. Bref, l'absence de toute hypothèse représentative laisse l'esprit dans cet état de malaise et de vague que l'emploi de la théorie atomique a pour effet de dissiper, et qui ne me semble pas dû uniquement à l'habitude que nous avons prise de nous aider d'images ou, comme disent les Anglais, de *modèles*.

La même observation s'applique aux principes fondamentaux exposés dans le premier chapitre, et en particulier à la distinction des phénomènes physiques et des phénomènes chimiques. Cette distinction repose sur les modifications des propriétés des corps. Elle est formulée de la manière suivante : “ *Ou bien elles se rapportent seulement à un seul ou à un petit nombre des caractères et des propriétés du corps considéré ; ou bien elles*

sont radicales, de telle sorte que le corps considéré s'évanouit et qu'à sa place apparaissent d'autres corps doués de propriétés différentes. Les phénomènes du premier genre appartiennent à la *physique*; ceux du second à la *chimie* „. Ce qui conduit inévitablement à traiter la question suivante : “ Combien faut il de propriétés pour caractériser une matière ? „ La réponse est donnée en ces termes : “ *Quand deux matières sont parfaitement concordantes dans quelques-unes de leurs propriétés, elles concordent aussi par rapport à toutes les autres.* „ Il faut bien avouer que cette solution ne donne pas une idée fort nette de la distinction entre les deux genres de phénomènes.

Les *matières* dont il est question ici sont les corps ou les substances. L'auteur emploie ce terme d'une manière exclusive dans toute l'étendue de l'ouvrage.

Occupons-nous maintenant des innovations portant sur la forme. Elles sont annoncées comme suit dans la préface :

“ J'ai conservé d'abord l'ordre historique des matières. Peut-être, pourrait-on, dès à présent, essayer d'édifier la chimie sous forme de science rationnelle, en la faisant reposer sur un certain nombre de principes et en n'introduisant la description des diverses substances qu'à titre d'éclaircissement de ces lois générales. Ce qui m'a empêché de le faire, c'est d'abord le besoin de continuité historique ; c'est ensuite que la variété des substances est trop grande et la connaissance de leurs propriétés particulières trop importante pour que ce mode d'exposition soit actuellement approprié aux besoins de l'enseignement. J'ai donc pris le parti de conserver le cadre traditionnel fourni par l'ordre historique et naturel des éléments et de leurs combinaisons, et d'introduire dans ce cadre les lois générales de la chimie. Le problème à résoudre était d'ordre artistique ; je ne pouvais introduire les lois générales simplement au hasard de l'occasion, il fallait les présenter suivant un ordre systématique qui permît de les comprendre et d'en apercevoir les rapports réciproques. „

Eh bien ! j'avoue que cet éparpillement des théories générales par petites tranches, pour ainsi dire, au milieu de la description des propriétés particulières des éléments ne me paraît pas heureux. Je fais abstraction de l'exécution de ce plan. L'auteur y déploie beaucoup d'ingéniosité, et tel de ses chapitres peut passer pour un modèle de la méthode tant prônée de nos jours et que les Anglais appellent *heuristique*, où le développement des idées est conduit de telle sorte que le lecteur

ou l'élève soit amené à faire lui-même les déductions à mesure que le sujet les requiert. J'ajoute que cette méthode, jointe à la clarté du style, rend la lecture de ce livre extrêmement agréable et en fait comme une suite de conférences plutôt qu'un cours. Et voilà le reproche que je me permets de formuler. Puisque c'était un cours qu'on voulait faire, il fallait que les théories y fussent groupées de manière à faciliter à l'étudiant les vues d'ensemble qui sont indispensables pour bien se les assimiler. Ici elles sont vraiment par trop coupées. Je sais bien que leur exposé complet au début de l'enseignement de la chimie présente de sérieuses difficultés et oblige souvent de faire un usage anticipé des connaissances qui ne seront exposées que dans le cours du traité. Mais du moins faudrait-il réunir ce qui ne peut être bien compris séparément et cela ne me semble pas toujours avoir été fait.

Pour permettre au lecteur de se rendre compte de la portée de cette observation, voici, avec les titres des chapitres, un aperçu des principales questions théoriques qui sont traitées dans chacun d'eux :

Chapitre I. — *Principes généraux.*

Chapitre II. — *Les lois de conservation.* Conservation du poids, conservation de l'énergie.

Chapitre III. — *Les phénomènes de combustion et l'oxygène.* Combinaison. Proportions quantitatives. Déduction de la loi des proportions constantes.

Chapitre IV. — *Les éléments chimiques.* Éléments et combinaisons. Classification et aperçu des propriétés.

Chapitre V. — *L'oxygène.* Combustion lente. Allotropie (ozone).

Chapitre VI. — *Hydrogène.* " Forces chimiques ". Poids molaire. Phénomènes inverses. Action de masse. Équilibre chimique. Catalyse.

Chapitre VII. — *Eau.* Loi des volumes des combinaisons gazeuses. Loi des poids de combinaison. Symboles et formules chimiques. L'hypothèse atomique.

Chapitre VIII. — *Peroxyde d'hydrogène.* Phénomènes calorifiques.

Chapitre IX. — *Chlore.* Hydrate de chlore. Loi des phases. Propriétés des acides. Acides et bases. Rapports de poids dans les réactions entre acides et bases. Les ions.

Chapitre X. — *Composés oxygénés du chlore.* Loi des degrés de réaction. L'énergie libre.

Chapitre XI. — *Brome. Iode. Fluor.* Loi de répartition. Force des acides. Ions actuels et ions virtuels.

Chapitre XII. — *Le soufre et ses composés*. Variétés de soufre. Domaines de stabilité. Empiètements réciproques. Les cristaux. Ions des acides dibasiques.

Chapitre XIII. — *Sélénium et Tellure*. Isomorphisme.

Chapitre XIV. — *Azote*. Loi de l'action de masse. Influence de la température sur l'équilibre chimique. Actions catalytiques.

Chapitre XV. — *Phosphore*. Valence. Extension de la notion de valence.

Chapitre XVI. — *Carbone*.

Chapitre XVII. — *Silicium*.

Chapitre XVIII. — *Bore*.

Chapitre XIX. — *Argon, Hélium et éléments analogues*.

Ces énoncés sont extraits de la table des matières. Mais ils sont forcément incomplets, parce qu'il était impossible d'indiquer dans cette table toutes les idées jetées en passant dans l'étude des divers éléments pour achever et préciser les exposés *ex professo* qui sont seuls rappelés ici.

Autre particularité : pour un traité de chimie pure, ce volume contient vraiment beaucoup de physique. On y reconnaît la prédilection de l'auteur pour le domaine spécial où il a surtout déployé sa féconde activité : la chimie physique, qui est précisément ce terrain mitoyen entre la chimie et la physique sur lequel les recherches modernes ont édifié les principes nouveaux qui sont à la base de l'ouvrage. On comprend donc que les changements d'état moléculaire (de *mode*, dit l'auteur, toujours par horreur de tout ce qui rappelle les théories atomiques), la dissolution des solides et des gaz dans les liquides soient annexés au territoire de la chimie, puisque, aussi bien, ils constituent des cas particuliers de la loi générale des phases et des équilibres. Ce que l'on comprendra peut-être moins, c'est le développement donné à certaines autres questions qui sont assurément de physique pure et dont il suffisait ici de rappeler les conclusions. Je citerai notamment les considérations sur la température et les thermomètres, sur les densités, les dilatations, les lois (physiques) des gaz.

Arrêtons ici cette revue, dont l'importance de l'ouvrage analysé justifiera, je l'espère, la longueur inusitée. Il y aurait peut-être bien des choses à dire encore, pour ou contre les idées de l'auteur. Il serait le dernier à s'en étonner. L'entreprise tentée par lui est si neuve et présente tant de problèmes à résoudre qu'il serait bien étonnant qu'il eût du premier coup rencontré la forme définitive dans laquelle se moulera dorénavant l'enseigne-

ment rationnel de la chimie. Mais, si le résultat de ses efforts doit être apprécié diversement suivant les convictions personnelles des divers lecteurs, il est un point sur lequel ils rendront unanimement hommage au distingué professeur de Leipzig, c'est le remarquable talent avec lequel ses idées sont présentées.

V. S.

VII

Handbuch der Erdbebenkunde, par Aug. Sieberg, premier assistant de l'Observatoire météorologique d'Aix-la-Chapelle. Un vol. in-8° de 362 pages. — Brunswig, Fried. Vieweg, 1904.

Sous le titre *Volcans et tremblements de terre*, il existe et il se publie incessamment encore un grand nombre de traités de vulgarisation dont la plupart ne font que répéter servilement ce que l'on savait il y a cinquante ans et plus sur ces intéressants phénomènes de la Géophysique. Les plus récents mêmes ne donnent que des notions très vagues et très imparfaites sur les immenses recherches faites dans ce domaine depuis une trentaine d'années et qui ont créé de toutes pièces pour ainsi dire une science nouvelle et autonome, la *Sismologie*. Les questions qu'elle aborde sont aussi nombreuses qu'élevées, et il manquait jusqu'à présent, dans la littérature scientifique de haute vulgarisation, un ouvrage exposant l'état des connaissances actuelles sur tous ces problèmes qui, de déductions en déductions, se sont posés successivement du fait même qu'on en avait abordé un.

Cette lacune vient d'être heureusement comblée par M. August Sieberg. La circonstance que l'auteur n'est pas un sismologue, mais un météorologue, aurait pu faire craindre que cet ouvrage ne fût incomplet ou ne constituât qu'une compilation sans originalité. Au contraire, il en est résulté que M. Sieberg n'a pas pris parti dans les discussions d'écoles qui divisent encore les sismologues, et qu'il a honnêtement exposé l'état des questions, donnant autant d'importance au pour qu'au contre, et ne célant aucune observation bien faite. De la sorte le lecteur non initié ne risque pas de croire résolues des questions qui ne le sont réellement pas — écueil fréquent — et le sismologue inconsciemment influencé par ses propres recherches sera souvent forcé de reconnaître que ses opinions ne sont pas toujours

à l'abri d'objections, ce qui le portera à la tolérance, vertu quelquefois oubliée par les savants. En outre, la sismologie s'est tellement développée qu'il est malaisé à un seul savant de l'embrasser tout entière avec une égale compétence et que ses adeptes prennent presque fatalement un point de direction dans leurs travaux, soit le point de vue physique, mécanique et instrumental d'une part, soit l'aspect géographique et géologique d'autre part. M. Sieberg, qui ne s'était encore signalé que par un important mémoire sur la propagation des ondes sismiques, s'est trouvé moins cristallisé qu'un sismologue de carrière dans ses propres travaux; il a pu ainsi réaliser un heureux équilibre de toutes les parties de son ouvrage, et, ne laissant aucune question dans l'ombre, il les a exposées avec une méthode parfaite.

L'édition est élégante; de nombreuses figures claires et judicieusement choisies et des tableaux numériques, réduits au strict nécessaire, facilitent la compréhension d'une science souvent difficile et qui doit fréquemment faire appel aux plus hautes spéculations de la mécanique moléculaire, science qui probablement progressera, grâce précisément à la sismologie. Mais en général l'auteur n'est point allé jusqu'au dernier détail des problèmes — ce n'était point là son but ; s'appuyant toujours sur l'observation, il s'est contenté d'exposer les questions, de donner les principes à l'aide desquels on en cherche la solution, et enfin de dire quels résultats sont définitivement atteints, quels autres restent à obtenir. De cette façon il n'a pas eu à embroussailler son texte d'un appareil mathématique rebutant à beaucoup, ce qui aurait fait de son ouvrage une encyclopédie sismologique indigeste et inutile au public savant non initié, et il a pu se limiter à 362 pages, chiffre qu'il a prouvé être suffisant pour dire tout ce qui est véritablement intéressant dans une science très étendue et variée.

Des notes bibliographiques nombreuses renvoient le lecteur aux travaux originaux dont les auteurs, pour la plupart modernes et en pleine activité de travail, ne sont pas au nombre de moins de 318. Ce n'est point parce qu'Allemand que M. Sieberg a rarement inscrit dans sa liste alphabétique des auteurs des noms à désinences françaises, mais bien parce qu'en France malheureusement la sismologie est presque ignorée après y avoir longtemps tenu la tête avec son A. Perrey. Cette simple remarque suffit à montrer l'intérêt considérable que présenterait une traduction française de l'ouvrage de M. Sieberg.

L'introduction définit le sujet et donne la terminologie sismologique ; un index analytique facilite les recherches.

L'ouvrage comprend cinq parties : Phénomènes sismiques proprement dits; — Mouvements du sol d'origine extraterrestre; — Instruments sismologiques; — Méthodes d'investigation sismologique; — Tendances de la sismologie moderne et organisation systématique des observations.

I. *Phénomènes sismiques proprement dits.* — Après avoir donné les grandes lignes de la répartition de l'instabilité sismique à la surface du globe, l'auteur étudie d'après leur mode de production les trois grandes classes de séismes: volcaniques, d'écroulement ou d'éboulement, de dislocations ou tectoniques. Puis il s'attaque aux différents problèmes de la détermination des éléments caractéristiques d'un tremblement de terre : profondeur du foyer d'ébranlement, vitesse de propagation et holographe, intensité, durée, périodes des ondes, etc. Les effets des tremblements de terre sur la surface terrestre ou océanique et sur les constructions sont étudiés en détail, ainsi que les phénomènes accessoires plus ou moins authentiques qu'on a souvent l'occasion de voir mettre en relation avec les séismes, point toujours avec preuves bien convaincantes, phénomènes sonores, lumineux, électriques, magnétiques, météorologiques, etc.

Les séismes sous-marins sont l'occasion de développer les mêmes problèmes, et c'est là, en dehors du grand travail de E. Rudolph, une véritable divulgation.

Les téléséismes, ou tremblements de terre qui, sensibles seulement sur une portion restreinte de la surface terrestre, n'en actionnent pas moins les sismographes du monde entier ou un grand nombre d'entre eux, font l'objet de la troisième division de cette première partie, et c'est là un sujet peu connu, donnant lieu, parmi beaucoup d'autres, à l'intéressant problème de la détermination de l'épicentre d'un séisme lointain à l'aide de ses sismogrammes et en dehors de tout autre élément d'information.

II. *Mouvements du sol d'origine extraterrestre.* — Rompant délibérément avec d'anciens errements, M. Sieberg a réuni dans cette seconde partie tout ce qui concerne un certain nombre de faibles mouvements de l'écorce terrestre accusés par les appareils et dont l'origine, encore mal définie et discutable dans chaque cas particulier, paraît lui être extérieure, d'ordre cosmique ou météorologique. Ce sont ces mouvements qui peuvent et doivent probablement, à l'exclusion des véritables séismes, être assujettis à des lois de périodicité, et l'auteur met bien au point les nom-

breuses obscurités relatives à des phénomènes qu'on finira vraisemblablement à chasser de la sismologie. C'est en tout cas un réel progrès de les avoir relégués dans une division spéciale. Ces phénomènes donnent lieu à des vibrations pulsatoires, à des pulsations ou frémissements et à des variations locales de la verticale. Avec ces dernières, M. Sieberg étudie les bradysismes, ces mouvements lents qui modifient séculairement l'aspect de la planète et changent les contours des côtes, par quoi ils se font le plus souvent connaître. On permettra de suggérer que leur introduction dans cette division est risquée, puisqu'ils ressortissent à des causes géologiques, mais l'auteur y a, semble-t-il, été amené par suite de ce qu'eux aussi, comme les attractions lunaire et solaire, agissent sur la direction de la pesanteur, ceux-là à titre permanent, ceux-ci temporairement.

III. *Instruments sismologiques.* — Il s'agit là d'une véritable Physique, mécanique et mathématique. Les appareils sont classés et discutés d'après la nature de l'organe influencé par le mouvement sismique et aussi suivant leurs buts. Tout naturellement les détails un peu circonstanciés sont réservés aux seuls instruments les plus en vogue et en usage actuellement. Les procédés d'enregistrement mécanique, optique, électrique, photographique, de développement, d'agrandissement, les principes spéciaux relatifs à la construction et à l'installation des observatoires sont donnés d'une façon claire et complète, sans exagération dans les détails, et c'est la première fois que le sujet paraît avoir été ainsi traité didactiquement avec cette ampleur. C'est un véritable service rendu aux travailleurs que d'avoir condensé d'innombrables descriptions d'appareils et discussions sur leurs mérites et leurs défauts. Les marégraphes, à cause de leur emploi dans l'étude des vagues sismiques et des tremblements sous-marins, terminent cette troisième division.

IV. *Méthodes d'investigation sismologique.* — L'auteur expose ici les moyens de tirer parti des matériaux considérables mis à la disposition des sismologues tant au moyen des catalogues de macroséismes, systématiquement établis et tenus à jour dans nombre de pays, que résultant des stations sismologiques. Qu'il s'agisse de tremblements de terre ou de téléséismes, dont l'étude peut se faire d'un point quelconque de la surface du globe, ils donnent lieu aux mêmes problèmes relatifs au temps, à la vitesse de propagation, à la détermination du foyer d'ébranlement, et comportent des solutions variées, graphiques ou numériques, se contrôlant mutuellement. Les vibra-

tions diverses sont différenciées d'après leurs sismogrammes et séparées de celles dues à l'activité humaine, roulement de voitures et de trains, explosions de mines ou autres, etc.

La construction des cartes sismiques et la détermination de la sismicité en une région déterminée sont développées autant que le mérite l'importance du sujet.

V. *Tendances de la sismologie moderne et organisation systématique des observations.* — Un court mais suffisant exposé historique résume ce que, çà et là dans l'ouvrage, il a fallu rappeler des opinions des savants dans le cours des temps au sujet des tremblements de terre qui ont toujours préoccupé l'humanité.

L'auteur donne l'état actuel et précis du développement des observations sismologiques à la surface du globe, calquées sur les réseaux d'observatoires météorologiques, et sans avoir l'amertume de se dire que son pays est en retard sur d'autres tard venus à la civilisation et à la science.

Logiquement vient ensuite la sismologie appliquée, et ce ne sera pas pour le public une des moindres révélations de l'ouvrage de voir le bénéfice qu'on peut tirer des appareils sismographiques dans la surveillance des ponts métalliques et des navires à vapeur, pour l'exploitation des mines et des voies ferrées, enfin pour la prévision, encore seulement soupçonnée, des coups de grisou, et celle moins discutable du temps lui-même.

Le décevant problème de la prédiction des tremblements de terre termine un ouvrage qui mérite de devenir classique en sismologie.

F. de M. de B.

VIII

L'art de construire dans les pays a tremblements de terre, par le Comte F. de Montessus de Ballore, chef d'escadron d'artillerie (Extrait des Gerlands Beiträgen zur Geophysik, Bd. VII, Heft 2). Une brochure in-8° de 145 pages. — Leipzig, W. Engelmann, 1904.

Le grand nombre des documents utilisés par l'auteur pour la composition de ce mémoire ; leur analyse, marquée au coin d'une connaissance approfondie de la sismologie ; le classement méthodique des conclusions pratiques qui en découlent, leur impor-

tance surtout donnent à cette monographie une valeur telle qu'on ne saurait en recommander trop instamment l'étude à tous ceux qu'intéresse, à un point de vue quelconque, l'art de construire dans les pays exposés aux tremblements de terre.

Il est impossible de résumer en quelques lignes un travail de ce genre. Nous en reproduirons, en abrégé, l'introduction, qui en signale l'esprit et la portée ; et nous la ferons suivre d'un aperçu de la table des matières.

Dans l'opinion publique, les tremblements de terre sont des phénomènes devant lesquels la science humaine doit s'incliner, impuissante, comme en face de l'inévitable. L'immensité de certains désastres sismiques, le nombre considérable des vies humaines étouffées sur les ruines des édifices publics et des propriétés privées, les incendies qui souvent aggravent encore la catastrophe, tout cela fait des tremblements de terre un fléau dont le bilan se chiffre annuellement par des milliers de victimes et des millions de perte. Il est néanmoins facile de montrer, par de nombreux exemples, combien il est au pouvoir de l'homme de réduire souvent à peu de chose le danger sismique, à la condition de choisir convenablement le terrain sur lequel il édifiera ses cités ou sa demeure, d'appliquer strictement les règles de l'art de bâtir et de n'employer que des matériaux d'excellente qualité. Si, en outre, il se conforme, pour les détails et pour chaque élément des constructions, aux *règles particulières* que dicte l'observation appliquée à l'action du mouvement sismique sur les différentes parties d'une construction déterminée, on peut être certain que les pertes seront réduites à un minimum souvent insignifiant.

Les constructions ordinaires, sur sol ferme, doivent pouvoir résister à un effort continu, vertical et de haut en bas, la pesanteur, ainsi qu'à la réaction ou à la poussée mutuelle de leurs diverses parties. Sur un sol qui tremble, elles doivent résister en outre à un mouvement horizontal, ondulatoire, brusque et à un mouvement vertical de bas en haut. On conçoit dès lors qu'il doit s'ensuivre des règles spéciales pour l'art de construire.

Deux voies bien distinctes permettent d'aborder la solution de ce problème.

Un architecte, un ingénieur, un constructeur de profession se serait adressé à la théorie de l'élasticité et de la résistance des matériaux, aidée de l'observation des dégâts occasionnés par les tremblements de terre ; et, laissant de côté le détail des observations, il aurait résumé les conclusions de son travail en

quelques règles pratiques. C'est la méthode suivie, dans les règlements publics, à plusieurs reprises, dans les pays instables, à la suite de catastrophes, mais que la routine ou l'incurie ont vite laissé tomber en désuétude. Un tel travail, présentant comme celui du Lieut. colonel Cortès des solutions judicieuses, souvent sinon toujours sanctionnées par les événements, un ouvrage technique et pratique, en un mot, ne serait certes pas inutile. Mais il ne s'adresserait qu'aux seuls professionnels et risquerait de frapper bien moins vivement les populations intéressées qu'un exposé de la façon dont se comportent, en cas de tremblement de terre, non seulement les édifices publics et les œuvres d'art, mais aussi les habitations privées et les constructions les plus modestes dont l'édification est le plus souvent abandonnée à de simples ouvriers ou à des praticiens peu cultivés que dirige uniquement une technique traditionnelle.

Il vaut donc beaucoup mieux s'en référer avant tout à l'observation détaillée des dégâts auxquels sont sujettes les habitations et les constructions des différents types en usage dans les pays à tremblements de terre, et montrer par où elles pèchent. Les moyens de les améliorer en résulteront avec clarté. C'est ainsi que les écrivains militaires établissent les règles de la tactique par l'étude des batailles et des campagnes du passé ; ils préparent de la sorte les victoires de l'avenir. C'est la méthode qu'a suivie l'auteur du présent ouvrage.

Après avoir étudié à la lumière des faits d'observation, qu'il accumule en grand nombre, le choix du site d'une construction privée ou de l'emplacement d'une ville, il signale les matériaux qu'il faut rejeter et les modes de construction défectueux qu'il faut abandonner dans l'édification des murs dont il poursuit l'étude sous tous ses aspects : matériaux, appareils, dimensions, orientation, etc. Il examine ensuite les effets des tremblements de terre sur les éléments divers d'un édifice : fondations ; ouvertures des murs : portes et fenêtres ; planchers, plafonds, cheminées, balcons, corniches, voûtes, toits, etc., et il tire des données de l'expérience des conclusions pratiques nettement formulées. Cette étude de détail est suivie de celle des effets des tremblements de terre en relation avec les dispositions d'ensemble des édifices : plan, nombre des étages, disposition intérieure, connexion des différentes parties, jonction d'anciennes et de nouvelles constructions, avant-corps, maisons en série, etc., et tout ce qui concerne les constructions en charpente, en bois et fer, en briques et maçonnerie, les baraques, etc.

Les divers types locaux d'habitation usités dans les pays sismiquement instables sont alors passés en revue et soumis au contrôle des conclusions précédentes. Vient ensuite, exposé dans le même détail et dans le même esprit, ce qui se rapporte aux constructions autres que les habitations : cheminées d'usine, clochers, piles de pont, barrages, aqueducs et canaux, travaux de mines et puits, chemins de fer, etc., etc. Les divers systèmes de constructions spéciales destinés à mettre les habitations à l'abri des tremblements de terre sont exposés avec soin ; on y joint l'indication de quelques moyens préventifs et l'application pratique des sismographes à l'exploitation des chemins de fer : ceci intéresse les ingénieurs de tous les pays.

L'ouvrage se termine par quelques indications sur les règlements d'édilité : Alger, Lisbonne, Norcia, Manille, Ischia ; par un appendice contenant une table chronologique et de références des tremblements de terre, au nombre de 115, cités dans le corps de l'ouvrage, et par un index bibliographique des livres et mémoires, au nombre de 73, utilisés par l'auteur. Une table analytique des matières rend très faciles les recherches relatives à un point particulier.

J. T.

IX

Les lois naturelles, *Réflexions d'un biologiste sur les Sciences,* par Félix Le Dantec, Chargé du cours d'embryologie générale à la Sorbonne. Un vol. in-8° cartonné toile, de XVI-308 pages. — Paris, Alcan, 1904.

La Revue des Questions scientifiques a eu, plus d'une fois déjà, l'occasion d'entretenir ses lecteurs des ouvrages de M. Félix Le Dantec, Chargé de cours à la Sorbonne (1). Ce nouveau volume ne contredit en rien les précédents, il les aggrave

(1) En octobre 1896, elle rendait compte de *La Théorie nouvelle de la vie,* de cet auteur, et, en avril 1897, du *Déterminisme biologique,* du même. En octobre 1902, elle mettait en parallèle les prétentions empiétantes de la biologie matérialiste fort bien exposées dans *L'Unité dans l'homme vivant,* du même M. Le Dantec, avec le sage et judicieux mémoire de M. le professeur Grasset sur *Les Limites de la biologie* (article intitulé : *La Science de la vie et ses limites*).

plutôt : c'est une sorte d'apologie descriptive et amplifiée de la fameuse théorie Hæckélienne du monisme.

Toute sa thèse repose sur cette manière de dilemme :

Ou l'homme possède un principe " surnaturel „ *(sic)* capable de connaître, et rien ne limite le champ des investigations qui lui sont permises ; étant " en dehors de la nature „ *(sic)*, il peut se poser des questions relatives à l'essence des choses de la nature; étant métaphysicien, il peut faire de la métaphysique.

Ou l'homme est dans la nature *un mécanisme comme les autres mécanismes*, et alors la connaissance qu'il a du monde " est le résultat de l'interaction de son mécanisme et des mécanismes ambiants „. Il n'est rien en dehors d'eux.

Bien entendu, l'auteur n'admet que le second terme du dilemme — le premier lui paraît surabondamment mis hors de cause par l'épithète de *surnaturel* accolée au principe de la connaissance — et il conclut que le terme du savoir humain est non pas de connaître l'essence des choses, mais bien de savoir " quelle est la place qu'occupe la vie parmi les choses dont nous ne connaissons que l'aspect humain „.

Toute l'essence de ce paralogisme est dans la prétention toute gratuite de limiter la nature, et spécialement la nature humaine, aux phénomènes physiques, chimiques, physiologiques dont se compose le monde extérieur. L'analyse des faits de conscience, de l'entendement, de la volonté, et aussi la morale (jugée par l'auteur incompatible avec les exigences des temps modernes), et à plus forte raison la pure recherche de la vérité, tout cela c'est de la métaphysique, c'est en dehors de la nature et, partant, c'est du *surnaturel !*

Quant à tenter, à l'appui d'une aussi étonnante prétention, le moindre essai de preuve ou de démonstration, il n'y faut pas songer : pour l'école moniste, on doit admettre ces choses-là *à priori* et nonobstant toute démonstration en sens contraire, attendu qu'en ne s'y tenant pas on aboutirait au spiritualisme, ce qu'il faut éviter à tout prix.

Nous ne nous attarderons pas à démontrer que la *nature*, considérée par rapport à l'homme, comprend les phénomènes intellectuels, moraux, voire la métaphysique, au même titre que les phénomènes physico-chimiques, optiques, acoustiques, thermiques, etc., et enfin physiologiques, dont s'occupe M. Le Dantec. Il est vrai que ce savant considère les premiers comme de simples *épiphénomènes* produits par les seconds, bien qu'il ne nous ait jamais expliqué comment, par exemple, la savante

dialectique qu'il met au service de ses vastes connaissances, comment ces connaissances elles-mêmes sont uniquement le produit de quelque cellule ou l'effet des contractions et dilatations de quelque neurone de son cerveau.

Disons d'abord quelques mots des questions traitées dans *Les lois naturelles.*

L'auteur répartit les différentes sciences (dans l'acception stricte du mot) en divers *cantons* suivant celui de nos cinq sens auquel chacun d'eux se rapporte. Mais il se trouve que *le canton optique* déborde sur les autres et recouvre entièrement les cantons acoustique et thermique. Il comprend l'arithmétique, la géométrie, *sciences expérimentales* (!), la mécanique, l'application de l'*arithmétique* à la géométrie, la logique (car l'auteur admet la logique, mais à quel point de vue ? c'est ce que nous verrons plus loin). C'est encore dans le " canton optique „ que sont étudiés par l'auteur les notions de masse, de force, de mouvement, de vitesse, d'inertie et " le mystère de la ligne droite „.

Dans *les autres cantons*, l'auteur place l'étude *optique* du son, s'occupe des " masses thermiques „, de la conservation de la chaleur, étudie l'équivalence mécanique de la chaleur et l'applique à l'extension du principe de la conservation de l'énergie, puis, à propos des sources de chaleur, exécute des variations sur le principe de Carnot.

Avant d'aller plus loin, constatons que les développements donnés par l'auteur sous la rubrique de ses chapitres ne laissent pas toujours saisir rapidement leur rapport avec le titre.

En voici un exemple :

Au chapitre ou sous-chapitre intitulé *Le zéro absolu*, on cherche vainement des considérations analogues, par exemple, à celles qui ont été exposées ici même, sur le même sujet, par M. Witz en juillet dernier, et qui donnent immédiatement satisfaction à l'esprit (1). M. Le Dantec, lui, procède par comparaisons : comme les quantités de mouvement empruntées à une source

(1) *Les températures thermodynamiques et le zéro absolu.* Après avoir exposé les vues très divergentes émises par les savants sur cette délicate question, M. Witz fait judicieusement observer qu'il suffirait, semble-t-il, " de considérer le point de départ des températures thermodynamiques comme une limite vers laquelle tendent les basses températures et dont on peut s'approcher indéfiniment, sans que toutefois on l'atteigne jamais „. Voilà qui est clair, net, précis et représente aussitôt à l'esprit ce que peut être effectivement le zéro absolu.

de vitesse v et rendues à une autre source de vitesse v' sont proportionnelles aux vitesses v et v', on peut, pense-t-il, " déterminer le terme arbitraire *température* „, de telle sorte que les quantités de chaleur empruntées à une source chaude et rendues à une source froide (et qui procèdent des températures de ces sources) soient proportionnelles à ces températures „. Ayant auparavant choisi une échelle de température d'après le principe d'équivalence, mais avec une origine arbitraire, l'auteur se sert de la considération précédente pour " déterminer cette origine au moyen de deux sources bien déterminées „ ; il constate ensuite que l'échelle " ainsi déterminée „ vérifie pour toutes les températures la loi de proportionnalité établie pour les deux températures d'abord choisies. On a ainsi une échelle de température entièrement définie, laquelle échelle a une origine, un point de départ, " un zéro, que nous appellerons le zéro absolu „ (1).

Il faut convenir que le chemin par lequel l'auteur nous conduit est long et sinueux, pour aboutir à ne nous donner qu'une idée bien vague et bien lointaine de ce que nous annonçait le titre du paragraphe. Des remarques analogues pourraient être faites sur un grand nombre de chapitres.

Aux *autres cantons* succèdent *Les explications* — qui souvent auraient elles-mêmes besoin d'explications — sur " le modèle atomique „, sur " les entraves du bon sens „ à propos de l'éther, sur la chimie atomique, les lois naturelles, approchées, simples et ramenées au monisme.

Suit *La place de la biologie dans les sciences*, laquelle, bien entendu, est, pour l'auteur, prépondérante, absorbante, et constitue en fait toute la science ; et enfin un *Appendice* affecté principalement à une comparaison longuement développée entre la flamme et la vie organique.

Cette rapide analyse indique suffisamment les questions traitées par l'auteur. Mais ce qu'elle n'indique qu'incomplètement et sur quoi il est indispensable d'appuyer, c'est *l'esprit* dans lequel ce livre est écrit.

Dès les premières pages, on retrouve ce sophisme tant de fois réfuté, que " les biologistes n'ont jamais rencontré dans leurs études une seule manifestation de l'âme „ (Introduction, p. XIII). Un peu plus loin, l'auteur prétend avoir établi que la logique doit se définir : " le résumé héréditaire de l'expérience

(1) *Les lois naturelles*, p. 168.

ancestrale „. Ainsi elle n'est pas, comme on l'avait cru jusqu'à présent, l'expression naturelle de notre raison reconnaissant par un travail naturel de l'esprit les rapports des choses entre elles, des idées entre elles. Ce n'est qu'artifice et convention établis par les premiers hommes et transmis héréditairement à leurs descendants. L'auteur aurait bien dû nous dire où et comment il a " établi „ cette étrange assertion. Elle lui est d'ailleurs particulièrement chère et il y revient souvent. La logique, dit-il, est l'instinct par excellence, non pas en admettant avec Romanes, que l'instinct est " un mécanisme adapté, antérieur à l'expérience individuelle „, mais au contraire *postérieur à l'expérience ancestrale*, et provenant de cette expérience par l'hérédité des caractères acquis (p. 4). Plus loin : " Le sens commun, ayant subi l'action prolongée de la sélection naturelle, est un mécanisme spécifique à l'épreuve. „

Tout un chapitre est consacré à indiquer ce que l'auteur appelle les bornes de notre logique, laquelle " ne diffère guère de celle des singes, des chiens, etc., „ ayant une origine purement expérimentale ; un autre sert à récriminer contre le langage articulé et à confondre, sous prétexte d'imagination plastique ou verbale, le raisonnement avec l'imagination. La conservation du langage courant, " suranné „ est, nous affirme M. Le Dantec — et cette fois, nous sommes heureux de nous trouver d'accord avec lui — est " le plus grand obstacle à l'adoption des théories monistes „, et nous ajouterons, nous, que l'on ne peut que s'en féliciter. Mais l'auteur, bien loin de s'en féliciter, en veut à mort à ce malheureux langage ; car " rien n'est plus préjudiciable au bon sens que la parole „, et " il n'y a plus de limites à l'absurdité du langage articulé... un cercle qui n'ait point de centre (1), un homme réduit à deux dimensions et appliqué sur une surface sphérique, Dieu seul en trois personnes, etc., etc. Presque toute la scholastique (avec un *h*) vient de là „ (p. 76).

Il est, en effet, assez désobligeant pour le monisme, que le langage articulé, expression de l'intellect et de la raison refusés aux animaux, apporte un obstacle assez sérieux au succès de ses spéculations. Mais, comme cette haute prérogative de l'homme

(1) Allusion sans doute à cette pensée métaphorique de Pascal comparant l'univers à un cercle dont la circonférence est partout et le centre nulle part. Mais qui ne voit que c'est là un langage figuré et non l'énoncé d'une proposition de réalité ?

gêne le système, on ne craint pas de recourir à ce grossier sophisme de la nocuité essentielle de la parole.

Notre auteur en veut également à la métaphysique, à ce qui est en dehors de l'ordre matériel. Il entend rabattre la prétention de ceux qui voudraient arriver à connaître le fond des choses ; on ne peut connaître, d'après lui, que *la nature*, c'est-à-dire l'ordre matériel ; et quant à l'essence des choses, il faut reléguer cela dans " tout le vieux fatras de la métaphysique „ (p. 9). L'origine ancestrale de la logique impose des bornes à la logique. N'étant qu'un phénomène naturel, l'homme doit renoncer à philosopher sur les phénomènes naturels autres que ceux qui sont directement connus de lui. " Pour tout savant convaincu de l'origine évolutive de l'homme, *la métaphysique n'est qu'un ramassis de mots vides de sens* „ (p. 233). On n'est pas plus courtois.

A quoi l'on pourrait répliquer ceci : Pour tout savant convaincu de l'origine directe et non-évolutive de l'homme, toute la théorie du monisme croule par la base.

Suit une longue dissertation où l'auteur, prenant pour point de départ que la raison et la logique ne sont pas " d'essence *surnaturelle* „ (lisez *spirituelle*), et que la théorie darwinienne est le fondement de toute vérité, s'évertue à expliquer et justifier son athéisme qui serait, d'après lui, accepté par tout le monde, n'était ce détestable langage articulé, le plus puissant instrument de réaction et " qui contient toutes les erreurs résultant de l'ignorance des premiers hommes „ (p. 235).

Il est certain que, si nous en étions réduits à la condition des animaux qui, eux, n'ont que le langage sensitif et inarticulé, nous n'aurions pas l'idée de Dieu, puisque, comme les animaux nous n'aurions pas d'idées, et qu'ainsi le desideratum de M. Le Dantec se trouverait réalisé. Malheureusement nous sommes affligés de ce déplorable langage articulé qui nous permet d'avoir des idées, d'abstraire, d'universaliser, de nous livrer à la recherche des causes et de voir dans la nature, à côté de l'ordre matériel, l'ordre immatériel qui lui correspond, les choses μετὰ τὰ φυσικά, comme disait Aristote.

C'est fâcheux pour le monisme et l'athéisme ; mais c'est ainsi. Et ce n'est pas l'évolutionnisme déjà vieilli et démodé de Darwin, pas même non plus le fameux postulatum de Hæckel et de Wiesman qui donneront aux aboyeurs contre Dieu plus de relief que jadis.

C. DE KIRWAN.

X

Université de Gand. — Recueil de travaux publiés par la Faculté de philosophie et lettres, 29e fascicule. *Les Gutturales grecques*, par Joseph Mansion. Un vol. in-8° de vii-328 pages. — Gand, J. Vuylsteke ; Paris, Bouillon, 1904.

Pour peu que l'on ait abordé l'étude de la philologie comparée des langues indo-européennes, on n'a pu manquer d'être frappé des transformations variées et peu régulières en apparence que subissent les gutturales. Qui ne se souvient des métamorphoses du *q* en *p*, dans *quinque* et πεμπάς, du *g* en *d*, comme *garbha* et δελφύς, du χ donnant à la fois *h* et *g*, comme dans χήν, *hamsa* et *gans* ? Comment expliquer que l'on a d'une part *ahi*, ἔχις, et de l'autre *aham*, ἐγώ ?

La question des gutturales est, sans contredit, une des plus vastes et des plus compliquées de la linguistique aryenne. Aussi a-t-elle déjà fait naître bon nombre de travaux. En 1885, M. Bersu a donné une étude fort complète des gutturales latines, et, en 1896, M. Zupitza a fait paraître un essai analogue sur les gutturales germaniques.

Ces recherches viennent d'être très heureusement complétées par le savant mémoire, où M. Joseph Mansion a entrepris de dresser " un répertoire méthodique des formes grecques dans lesquelles on retrouve, diversement représentées, d'anciennes gutturales indo-européennes ".

Œuvre éminemment utile, travail préliminaire indispensable et base nécessaire de tout essai qui sera tenté pour décrire l'évolution des phonèmes gutturaux. M. J. Mansion s'est inspiré du conseil de Max Müller, qui proposait, dans un de ses derniers ouvrages, que " l'on fît suivre les lois découvertes de la liste complète des exemples où elles trouvent leur application ".

Le travail de M. J. Mansion se divise, d'une façon fort nette, en trois parties. Dans la première, il rappelle les théories de ses devanciers sur les gutturales indo-européennes et les gutturales grecques. La seconde s'occupe de quelques points spéciaux de la question des gutturales. Enfin, l'auteur étudie les phonèmes indo-européens et leurs représentants helléniques.

En ce qui concerne les théories antérieures, on admit d'abord une série unique de gutturales indo-européennes, système défendu par Bopp, Schleicher et Ascoli. Puis vinrent Fick, Havet

et les successeurs de Fick qui admettaient deux séries de gutturales. Enfin Bezzenberger porta à trois les ordres de gutturales primitives. M. Mansion discute ces divers systèmes avec une critique sûre d'elle-même ; il les analyse avec beaucoup de clarté et en dénonce fort nettement les points faibles. Toutefois, il se rallie carrément à l'hypothèse de Bezzenberger, malgré les objections auxquelles elle a donné lieu et qu'il réfute, nous paraît-il, d'une façon très convaincante.

Parmi les points spéciaux de la théorie des gutturales étudiés dans la seconde partie, il y a d'abord la délabialisation des labio-vélaires en grec, avant et après υ, ainsi que dans quelques cas d'assimilation et de dissimilation. Ceci veut dire, pour donner un exemple, que les mots latins *buris*, *levis* correspondent au grec γύης, ἐλαχύς. Mais tous les exemples ne sont pas également frappants et, plusieurs fois, M. Mansion doit faire l'aveu de l'incertitude de certains rapprochements qu'il propose.

Le second chapitre de la deuxième partie du travail de M. Mansion s'occupe des palatales arcado-chypriotes, des pronoms ioniens et thessaliens et du labialisme des dialectes éoliens. Signalons le doute très légitime soulevé par M. Mansion relativement à l'adverbe éolien ὅκαι, que M. R. Meister croyait avoir découvert sur l'inscription de Neandreia.

C'est dans la troisième et la plus importante partie de son mémoire que M. Mansion aborde plus directement l'objet propre de ses recherches, qui est d'établir quels sont les représentants helléniques des gutturales indo-européennes.

Puisque l'auteur a admis les trois espèces de gutturales, appelées palatales, vélaires et labio-vélaires, il examine successivement ce que sont devenues en grec les trois séries de gutturales. Ces phonèmes sont successivement étudiés “ dans les diverses positions où ils se rencontrent devant les voyelles et devant les consonnes, en distinguant chaque fois l'initiale et la médiale „. Toutefois, la nature des gutturales demeure indéterminée dans un certain nombre de cas, et surtout entre vélaires et palatales. Il a fallu un chapitre quatrième pour traiter ces cas douteux.

Cette partie du travail de M. Mansion, tout entière consacrée à des analyses étymologiques fort ténues, ne se prête pas à être résumée ; même la conclusion, qui termine les recherches de l'auteur, ne saurait être reproduite ici. Elle s'adresse exclusivement aux spécialistes ; nous n'entreprendrons pas de la faire saisir, même de façon vague, par ceux qui ne sont pas initiés aux plus abstraites théories de la linguistique.

Dans les nombreux rapprochements de mots qu'il propose, M. Mansion fait preuve d'une méticuleuse prudence, et fréquemment il présente des réserves justifiées pour des étymologies qui sont pourtant courantes et qu'ont admises des philologues de renom. Ces doutes, si sincèrement proposés, sont parfois en telle abondance que la loi inscrite en tête des exemples déclarés, chacun en particulier peu probants, en devient fort problématique ; voir, par exemple, pp. 226 et 227.

Le copieux index des mots expliqués dans le volume (pp. 269-321) révèle une autre utilité, et non la moindre, du livre de M. Mansion. Même à ceux qui ne voudront ou ne pourront pas s'engager dans les problèmes très spéciaux et très compliqués de la grammaire comparée que l'auteur a essayé de résoudre, ce volume rendra de précieux services pour l'étymologie d'une foule de mots qui y sont étudiés. Les professeurs d'enseignement moyen, chargés de fournir à leurs élèves l'interprétation des mots grecs et latins qu'ils rencontrent, trouveront dans l'ouvrage de M. Mansion des explications sûres et intéressantes.

J. Van den Gheyn, S. J.

XI

Annuaire financier et économique du Japon, publié par le Ministère des Finances, quatrième année. Un volume in-8° de 152 pages, comprenant, en outre, 1 carte et 7 planches de diagrammes. — Tokio, Imprimerie impériale, 1904.

En feuilletant l'*Annuaire financier et économique du Japon* pour 1904, document officiel publié à Tokio en langue française, on se convainc rapidement que la science de la statistique ne garde plus aucun mystère pour la haute administration de l'Empire du Soleil-Levant. Rien ne manque à cette œuvre de toutes les qualités de clarté et de précision que l'on demande à celles de son espèce. Le gouvernement japonais semble l'avoir répandue avec quelque profusion en Europe et elle aura certainement contribué à inspirer confiance dans l'ordre et la régularité qui président au Japon à la gestion des affaires publiques.

L'*Annuaire* comprend une carte de l'Empire et de nombreux diagrammes relatifs aux recettes et aux dépenses, aux emprunts, au nombre et aux capitaux des sociétés agricoles, industrielles, commerciales et de transport, aux exportations et aux impor-

tations, aux chemins de fer et à la navigation. Puis viennent quelques données concernant les poids, les mesures, les monnaies et la population ; celle-ci est actuellement de 46 304 999 habitants, soit 1868 par Ri carré (le Ri = 3,9272727 kilomètres), sans compter Formose qui possède 3 082 404 habitants. L'*Annuaire* proprement dit se divise en six parties : Finances — Agriculture, industrie et commerce — Commerce extérieur — Banques et marché monétaire — Communications — Taïwan (Formose).

L'*Annuaire*, dans lequel de multiples notes monographiques alternent avec les tableaux statistiques, offre en raccourci toute l'histoire économique et financière du Japon moderne. C'est assez dire qu'il faudrait consacrer un long article à son analyse complète. Je me contenterai d'en extraire ce qui me semble le plus directement en rapport avec la guerre actuelle, qu'il s'agisse de sa préparation ou de ses premières conséquences. Aussi bien cette guerre n'est point étrangère à la rédaction de certaines pages de l'*Annuaire* et elle explique la grande publicité qu'on lui a donnée.

Nous trouvons tout d'abord dans l'*Annuaire* un tableau renseignant les recettes et les dépenses, relatives à la guerre.

DÉPENSES		RECETTES				
		Emprunts publics. Bons du Trésor et Emprunts temporaires	Virements du compte spécial	FONDS TRANSFÉRÉS AU COMPTE GÉNÉRAL		
				Augmentation des impôts, monopole du tabac manufacturé	Reliquat de recettes	Total
	Yens (1)	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*
Dépenses autorisées par ordonnance impériale en dehors du Parlement.	156 000 000	131 000 000	25 000 000	—	—	—
Dépenses extraordinaires de guerre.	380 000 000	280 000 000	30 000 000	62 000 000	8 000 000	70 000 000
Fonds de réserve pour dépenses éventuelles.	40 000 000	—	—	—	40 000 000	40 000 000
Total	576 000 000	411 000 000	55 000 000	62 000 000	48 000 000	110 000 000

(1) Le yen vaut 2 f., 583.

Les 62 000 000 yens de taxes spéciales extraordinaires se répartissent comme suit :

Impôt foncier	23 936 213	yens
Impôt sur le revenu	5 287 315	„
Patentes	5 036 199	„
Impôt sur le saké (1)	178 484	„
Impôt sur le shôyu (2)	1 138 952	„
Accise sur le sucre	8 212 382	„
Impôt sur les mines	79 115	„
Impôt sur les Bourses	532 846	„
Droit de sortie sur le saké exporté de la préfecture d'Okinawa	5 398	„
Droits des Douanes	2 330 633	„
Taxe de consommation sur les étoffes de laine	2 138 661	„
Taxe de consommation sur le pétrole . .	1 238 599	„
Recette du timbre	3 620 797	„
	53 735 594	„
Monopole de la manufacture du tabac . .	8 466 285	„
Total	62 201 879	„

Parmi ces taxes, celles sur les étoffes de laine et sur le pétrole sont nouvelles.

C'est l'impôt foncier qui entre pour la plus grosse part dans les recettes supplémentaires créées par le Japon. Cet impôt, provenant de l'ancien impôt en nature perçu avant 1873, avait d'abord été fixé à 3 p. c. de la valeur des biens-fonds imposables, puis abaissé, en 1877, à 2 1/2 p. c. Ultérieurement, pour une période de cinq années, de 1899 à 1903, cet impôt a été augmenté de 8 p. m. sur les rizières, labours, terrains ruraux, boisés ou incultes, et de 2 1/2 p. c. sur les terrains à bâtir dans les villes. Pour l'année fiscale 1903-1904 (3), l'impôt foncier figurait aux recettes pour 46 996 212 yens; pour 1904-1905, il comportait une prévision de 37 061 973 yens. La guerre russo-japonaise l'a fait relever de 23 936 213 yens, soit d'environ 70 p. c. L'impôt sur les patentes, celui sur les revenus des personnes morales et

(1) Saké, boisson non distillée obtenue par la fermentation du riz.

(2) Shôyu, liquide préparé avec du sel marin et des substances végétales, telles que du blé, du daïzon (espèce de fève), etc., pour l'usage d'assaisonnement des aliments.

(3) L'année fiscale japonaise s'étend du 1er avril au 31 mars.

des particuliers ont été relevés dans la même proportion. L'impôt sur le shôyu a été augmenté de 25 p. c., l'accise sur le sucre de 15 p. c., 100 p. c., 132,14 p. c., 187,5 p. c., suivant les catégories.

En ce qui concerne le tabac, le Japon l'avait frappé en 1876 d'une taxe abolie en janvier 1898 par suite de la mise en vigueur de la loi sur le monopole du tabac en feuilles. C'était un acheminement vers le monopole du tabac manufacturé dont la guerre a hâté l'application, décrétée par la Diète en mars dernier. La nouvelle loi est exécutoire depuis juillet pour les cigarettes et le sera à dater d'avril 1905 pour les autres produits.

La guerre aura évidemment pour effet d'augmenter la Dette publique japonaise ; au 31 mars 1904, celle-ci atteignait le total respectable de 564 918 951 yens, soit 11,439 yens par tête d'habitant. En 1870, la Dette n'était que de 4 880 000 yens, soit 0,147 yen par tête d'habitant ; au lendemain de la guerre sino-japonaise, en 1895-1896, elle atteignait 371 759 995 yens, soit 8,795 yens par tête d'habitant. Il y a lieu, dans la comparaison de ces chiffres, de tenir compte de la variation de la valeur du yen.

En ce qui concerne les emprunts publics, les nombreux détails donnés dans l'*Annuaire* appelleraient une étude spéciale et attentive à laquelle je ne puis me livrer dans cette courte notice. Il est assez intéressant de signaler que le premier emprunt étranger a été émis à Londres en 1870, au taux considérable de 9 p. c. ; il avait pour but la construction des premiers chemins de fer japonais.

Dans une note historique sur le système monétaire, l'*Annuaire* expose succinctement les difficultés que le gouvernement du Mikado a dû surmonter pour parvenir à établir dans le pays l'étalon d'or. Le paiement de l'indemnité chinoise après la guerre sino-japonaise permit, en 1897, cet établissement désiré depuis longtemps.

Je reproduis à la page suivante, un tableau donnant le montant de l'encaisse de réserve correspondant aux billets convertibles émis par la Banque du Japon. Ce tableau est des plus suggestifs. Il montre à quel abaissement a été réduite l'encaisse métallique lors de la guerre sino-japonaise et dans quelle situation critique s'est trouvé le Japon en 1900 et en 1901 au point de vue de la préparation financière d'une guerre avec la Russie. Le relèvement de l'encaisse métallique a été une opération difficile pour laquelle, dit-on, le Japon a eu recours à ses plus fins diplomates.

Montant de l'encaisse de réserve correspondant aux

ANNÉES	BILLETS CONVERTIBLES					ENCAISSES	
						ESPÈCES MÉ-	
	Report de la balance de l'année précédente	Montant des billets nouvellement émis	Total	Montant des billets retirés	Balance	Monnaies d'or et lingots	Monnaies d'argent et lingots
	Yens	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*
1893	125 843 363	295 383 514	421 226 877	272 563 749	148 663 128	21 806 200	64 122 316
1894	148 663 128	329 835 250	478 498 378	328 684 678	149 813 700	32 344 954	49 373 337
1895	149 813 700	281 273 110	431 086 810	250 749 995	180 336 815	31 510 800	28 859 997
1896	180 336 815	315 362 356	495 699 171	297 385 275	198 313 896	90 935 471	41 794 721
1897	198 313 896	451 228 929	649 542 825	423 313 767	226 229 058	96 913 262	1 348 211
1898	226 229 058	335 303 279	561 532 337	364 132 436	197 399 901	89 570 239	—
1899	197 399 901	444 476 758	641 876 659	391 314 619	250 562 040	103 142 169	7 000 000
1900	250 562 040	509 243 472	759 805 512	531 235 480	228 570 032	65 349 129	2 000 000
1901	228 570 032	832 011 945	1 060 581 977	846 485 211	214 096 766	68 858 371	2 500 000
1902	214 096 766	1 903 247 845	2 117 344 611	1 885 250 234	232 094 377	108 118 817	1 000 000
1903	232 094 377	1 347 664 074	1 579 758 451	1 346 837 888	232 920 563	116 962 184	—

Le développement du réseau ferré n'a cessé de suivre au Japon une rapide progression. Depuis la guerre sino-japonaise, la longueur totale, exploitée tant par l'État que par les compagnies, a doublé. Le matériel roulant a presque triplé.

Le développement de la navigation dépasse de beaucoup en proportion celui des chemins de fer. L'examen du tableau ci-contre en donne immédiatement la preuve.

L'augmentation du nombre et du tonnage des vaisseaux de la marine marchande est due presque autant peut-être à des préoccupations militaires qu'à des préoccupations commerciales, car l'éventualité d'une guerre heureuse sur le continent asiatique ne pouvait se concevoir qu'à condition de posséder de nombreux et puissants moyens de transport pour les troupes et pour le matériel. Le but militaire est certain. Ce qui le prouve, ce sont les considérations suivantes que j'extrais de l'*Annuaire*.

Pendant la guerre sino-japonaise la compagnie Nippon Yousén-Kaïsha rendit de grands services à l'Empire en fournissant 57 bâtiments d'un tonnage total de plus de 130 000 tonnes ; le résultat heureux de la guerre est donc certainement dû, jusqu'à certain point, à son concours.

Pendant la guerre sino-japonaise la compagnie Osaka Schösén-

billets convertibles émis par la Banque du Japon.

DE RÉSERVE					MONTANT DE RÉSERVE POUR 100 YENS DE BILLETS ÉMIS		ANNÉES
TALLIQUES	PORTEFEUILLE DE GARANTIE			Total général			
Total	Emprunts publics	Autres valeurs	Total		Espèces métalliques	Valeurs en portefeuille	
Yens	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	*Yens*	
85 928 516	17 621 700	45 112 912	62 734 612	148 663 128	57.80	42.20	1893
81 718 291	17 905 088	50 190 321	68 095 409	149 813 700	54.55	45.45	1894
60 370 797	19 425 088	100 540 930	119 966 018	180 336 815	33.48	66.52	1895
132 730 192	17 906 740	47 676 964	65 583 704	198 313 896	66.93	33.07	1896
98 261 473	33 106 740	94 860 845	127 967 585	226 229 058	43.43	56.57	1897
89 570 239	31 364 280	76 465 382	107 829 662	197 399 901	45.37	54.63	1898
110 142 169	23 806 788	116 613 083	140 419 871	250 562 040	43.96	56.04	1899
67 349 129	28 716 615	132 504 288	161 220 903	228 570 032	29.47	70.53	1900
71 358 371	35 290 063	107 448 332	142 738 395	214 096 766	33.33	66.67	1901
109 118 817	38 638 215	84 337 345	122 975 560	232 094 377	47.01	52.99	1902
116 962 184	38 421 368	77 537 011	115 958 379	232 920 563	50.22	49.78	1903

FIN DE L'ANNÉE	VAPEURS		VOILIERS		TOTAL		JONQUES JAPONAISES	
	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage
		Tonnes		*Tonnes*		*Tonnes*		*Kokus* (1)
1893	680	176 915	749	48 303	1429	225 218	17 209	2 878 462
1894	745	273 419	722	46 959	1467	320 378	17 300	2 876 131
1895	827	341 369	702	44 794	1529	386 163	17 360	2 960 887
1896	899	373 588	644	44 055	1543	417 643	17 612	3 066 128
1897	1032	438 779	715	48 130	1747	486 909	19 097	3 320 284
1898	1130	477 430	1914	170 894	3044	648 324	19 099	3 049 035
1899	1221	510 007	3322	286 923	4543	796 930	18 479	2 713 646
1900	1329	543 365	3850	320 571	5179	863 936	18 796	2 785 114
1901	1395	583 532	4020	336 436	5415	919 968	19 758	2 921 565
1902	1441	610 446	3977	336 154	5418	946 600	18 743	2 351 950
1903 (2)	1088	657 269	3514	322 154	4602	979 423	1114	475 988

(1) Koku = 1/10 de tonne. Les jonques renseignées sont celles au-dessus de 50 Kokus.

(2) Les chiffres indiqués pour 1903 représentent seulement les bateaux enregistrés.

Kaïsha n'a pas manqué aussi de contribuer à la victoire en prêtant, pour le service de l'État, 30 bâtiments au moins d'un tonnage de plus de 12 500 tonnes.

J'arrête ici cette rapide analyse. Tous les économistes curieux de la marche de la civilisation en Extrême-Orient ne manqueront pas de lire et d'étudier l'*Annuaire financier et économique du Japon.*

B.

XII

Histoire du Syndicat mixte de l'industrie roubaisienne, par Alexandre Faidherbe, père. Un vol. in-8° de 170 pages. — Roubaix, Reboux, 1902.

Dans cette attrayante monographie, M. Faidherbe nous fait assister à l'éclosion et à la vie d'un syndicat mixte qui doit aux nobles inspirations de la foi et sa naissance et sa prospérité.

Antérieur de quatre ans à la célèbre encyclique *Rerum Novarum*, ce syndicat, s'il a reçu des enseignements pontificaux une vigoureuse impulsion, peut cependant revendiquer la gloire d'avoir deviné la pensée du père commun des fidèles et prévenu ses plus chers désirs.

Les enfantements des institutions utiles sont d'ordinaire laborieux, et chaque progrès s'achète au prix de contradictions essuyées et de difficultés vaincues. M. Faidherbe, très heureusement, ne dissimule ni les objections, ni les obstacles qu'il fallut négliger ou détruire.

En faisant mieux apprécier le résultat, cet exposé rend également compte du milieu où il fut obtenu, et ce n'est pas un mince élément d'intérêt pour ce travail, que de nous faire connaître le personnel ouvrier et patron de la région roubaisienne.

Des vues théoriques précèdent les détails d'organisation. Ceux-ci sont nets et précis : la brochure donne le texte même des règlements et des statuts.

Voici le plan dans ses lignes principales :

Coup d'œil général sur le syndicat, son but, sa méthode, ses résultats.

La situation avant le syndicat.

La création du syndicat. Les institutions qui s'y rattachent : œuvres d'assistance ; œuvres de prévoyance ; société de consom-

mation ; œuvres d'enseignement professionnel ; sociétés d'agrément, institutions diverses.

Les œuvres d'usine : œuvres de charité ; œuvres d'enseignement ; œuvres de moralisation.

Rapports des patrons et des ouvriers. Question des contremaîtres. Dispositions à l'égard de la religion.

Conclusion.

On le voit, ce programme dépasse de beaucoup le titre. M. Faidherbe donne plus qu'il ne promet. Le lecteur ne s'en plaindra pas.

Dans ce bel ensemble, une page nous a étonné. Comment un homme aussi au courant des principes et des faits appuye-t-il une critique du salaire familial sur une fausse notion que l'on trouve uniquement chez les adversaires de cette théorie ? Nul, en dehors des socialistes, ne soutient qu'un devoir de justice oblige le patron à suppléer ce qui manque aux différentes familles : ce serait là un salaire familial relatif, et non ce salaire familial absolu qui, sainement compris, ne tardera guère, nous l'espérons, à rallier tous les écrivains catholiques.

Cette réserve faite, nous félicitons sincèrement M. Faidherbe de ce travail intéressant et instructif, qui constitue une importante contribution aux études sociales.

A. V.

XIII

Le Imposte nello Stato moderno, par Alessandro Garelli, Professore nella reale Università di Torino. Vol. I. *L'imposizione personale secondo il diritto finanziario positivo* (1). Un vol. in-8° de xvi-480 pages. — Milan, Hoepli, 1903.

Un simple coup d'œil donné aux cinq cents pages de ce volume suffit à convaincre le lecteur qu'il ne se trouve pas devant une œuvre quelconque, destinée à garnir ou à encombrer les bibliothèques, mais qu'il a la rare fortune d'avoir rencontré, sur une matière hérissée de difficultés, un travail de première main, tel qu'une vive intelligence est seule capable d'en produire au prix de grandes fatigues.

(1) *Les Impôts dans l'État moderne.* Vol. I. *L'impôt personnel selon le droit financier positif.*

Le dessein poursuivi par M. Garelli est nettement indiqué dans la préface. Afin de résoudre sûrement et pleinement les multiples problèmes que soulève la science des impôts, le savant professeur veut avant tout exposer systématiquement les points les plus saillants du droit positif contemporain. A l'inventaire des lois doit succéder ensuite une enquête doctrinale : comment les principaux auteurs ont-ils conçu le caractère personnel de l'impôt? Sur cette double base, l'auteur se propose enfin d'élever une théorie complète offrant les meilleures garanties de vérité.

Nous ne possédons ici que la première partie : l'examen du droit positif. Même le titre second, concernant les procédés d'application, est renvoyé au tome suivant.

Déjà cependant quel immense labeur de dépouillement et de classification ! Et quelle magnifique analyse des lois contemporaines, qui en décompose les multiples éléments, marque chacun de sa note propre : de l'idée qu'il réalise, du but auquel il est rapporté !

Qu'on en juge par ce sommaire. Le système des impôts subit l'influence des conditions *personnelles* du contribuable et celle de ses *biens*. Cette considération divise le volume en deux grands chapitres distribués en sections.

Les deux premières sections du chapitre I sont fournies par le partage des personnes en physiques et morales. Dans les personnes *physiques* se remarquent des conditions *individuelles :* le sexe, l'âge, la santé ; des conditions de *famille :* les enfants, la veuve et les orphelins, les autres membres de la famille ; des conditions *sociales*, suivant la *nationalité :* citoyens ou étrangers résidant à l'intérieur du pays ou au dehors, et suivant la *profession*, laquelle peut être une fonction publique ou une carrière privée. Parmi les personnes *morales*, les unes sont d'*ordre public :* l'État, les corps locaux, pris isolément ou dans leurs rapports mutuels, et les collèges d'utilité publique ; les autres sont d'*ordre privé*, et celles-ci peuvent être envisagées dans leurs rapports avec leurs membres, ou dans leurs rapports avec les biens qu'elles possèdent et la situation de ces biens.

Et les impôts eux-mêmes ne sont-ils pas, tantôt des redevances dues sur des biens qui sont à l'État (impôts *originaires*), tantôt des prélèvements opérés en vue des services publics (impôts *dérivés*) et prenant la forme de taxes ou de contributions ? Jusqu'où l'État, dans ces diverses exigences, a-t-il égard à la personne ? De là, la troisième et la quatrième section de ce chapitre.

Au tour des *richesses* ou des *biens possédés* maintenant, d'attirer l'attention du législateur, suivant leur *qualité :* biens productifs, improductifs, grevés ou non de charges, immobiliers, mobiliers, etc. ; suivant leur *quantité*, notamment les exemptions de certains minimums ; enfin suivant leur *graduation :* ici trouvent place les systèmes *proportionnels, progressifs* et leurs multiples combinaisons. Tel est, en somme, le contenu principal du chapitre II.

Ces influences aussi variées sont toutes examinées dans les sections ou sous-sections de ce vaste tableau, dont la seule présentation offre déjà d'incontestables utilités.

Ne croyez pas pourtant que M. Garelli se contente d'une sèche nomenclature. Son exposé est mêlé d'explications (1), de judicieuses observations critiques qui conduisent naturellement l'auteur à sa grande conclusion en faveur de l'impôt qu'il appelle *dialectique*, c'est-à-dire d'un système bien complexe, mais dirigé, dans toutes ses parties, vers la *justice* qui ne réclame que ce qui est dû par chacun ; vers le *maximum d'utilité* commune et le minimum de *sacrifice individuel*. Une solution simpliste ne saurait prévaloir. Historiquement, après la forme personnelle, mais brutale, de la capitation, on a tendu quelque temps à faire de l'impôt une charge réelle ; mais une observation plus attentive a découvert les vices et les lacunes de ce système, et les gouvernements introduisent de plus en plus des facteurs personnels dans leurs lois financières, et, théoriquement, l'impôt doit être personnel. La personnalité de l'impôt a donc pour elle la vérité et l'avenir, et, dans cet avenir lointain, le professeur salue l'impôt idéal, où l'on ne demande plus des sacrifices en vue d'un bien commun largement entendu, mais où le contribuable trouve dans les avantages perçus une abondante compensation de ce qu'il a payé. Impôt personnel, impôt prélevé sur celui qui en profite : harmonieux accord de l'intérêt public et de l'intérêt particulier.

Notons toutefois que M. Garelli veut que l'on tende prudemment vers cet idéal.

Il est bien malaisé de rendre en peu de lignes exactement compte de cet ouvrage. L'auteur nous pardonnera d'avoir peut-être traduit moins fidèlement sa pensée.

Nous en avons dit assez, croyons-nous, pour faire estimer les

(1) Voir, par exemple, p. 232, sa remarque caractérisant l'impôt *personnel*.

travaux de M. Garelli. La demande qu'il formule dans un avant-propos, est bien juste. Ses ouvrages n'ont pas à être traités avec dédain, comme plus ou moins modelés sur ceux de H. George et de Ad. Wagner.

En effet, si les belles théories déjà formées au XIXe siècle sur les impôts ont apporté quelque consolation aux contribuables, elles ont pu nuire à la fortune d'un nouvel auteur. M. Garelli peut avoir pâti du renom d'un Wagner. Mais, nous l'espérons, pleine justice lui sera rendue, et, dès maintenant, nous nous plaisons à lui reconnaître ici un mérite peu commun, indépendant et personnel.

A. V.

XIV

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE SUR LES JEUX DE BOURSE ET MARCHÉS A TERME, par ÉMILE VERCAMER, conseiller à la Cour mixte d'Alexandrie. Un vol. in-8° de XVI-378 pages. — Bruxelles, Bruylant, 1903.

Peu de préfaces, croyons-nous, se terminent par cette prédiction : " L'œuvre ne plaira pas à tout le monde : nous ne nous faisons aucune illusion à cet égard „ (1). Et peu de comptes rendus favorables commencent par une critique. L'originalité de l'auteur saura pardonner celle du censeur.

Il manque au titre un adjectif. Tel qu'il est conçu, le titre annonce l'histoire des jeux eux-mêmes et des opérations de hasard, conduite depuis ses débuts jusqu'à nos jours, avec, si l'on veut, l'appréciation de leur utilité relative et de leurs très déplorables effets. Pourquoi ne pas dire qu'il s'agit d'une étude *juridique ;* que l'histoire et la critique sont celles des lois et de la jurisprudence sur les jeux et les marchés à terme ?

Observation accessoire pourtant, qui n'enlève rien au vrai mérite de ce traité, ni à son opportunité. Au milieu des longues et vives controverses auxquelles donne lieu la question de l'intervention officielle pour enrayer une fièvre funeste et en protéger les victimes, M. Vercamer se propose de faire entendre

(1) Préface du livre analysé, p. VI.

la voix, toujours imposante, de la *tradition*, dont il saura par de bons arguments renforcer l'autorité.

En Belgique, son livre est un plaidoyer en faveur du projet de M. Lejeune, de ce projet qui admettait, comme corollaire de la nullité absolue du contrat de jeu, la répétition des sommes payées. Rejetée par le Sénat, celle-ci pourrait être admise à la Chambre. En Égypte, le docte traité peut éclairer les Puissances appelées à se prononcer sur un projet de législation émané du gouvernement égyptien.

L'étude juridique de M. le conseiller Vercamer se divise en deux grandes parties, consacrées l'une à l'exception de jeu en général, l'autre à la matière spéciale des jeux de Bourse. Après des notions générales et historiques propres à la première partie, l'une et l'autre comprennent l'exposé succinct des législations contemporaines, celui des diverses jurisprudences, pour finir par la controverse doctrinale. Nous signalons comme spécialement intéressants les §§ V, VI et VII de la première partie. L'auteur y discute la question de l'obligation naturelle, critiquant, à bon droit, les notions de F. Laurent; puis, abordant son thème favori, il s'attache à démontrer la nécessité logique d'admettre l'action en répétition, sagement circonscrite (1), et discute quelle fut en fait et quelle devait être en droit l'attitude des tribunaux mixtes égyptiens devant le silence gardé par la loi sur le contrat de jeu.

Une petite moitié du livre est occupée par des annexes réservées à des travaux préparatoires, des projets, des lois et des arrêts.

Nous ferons de ce livre le plus bel éloge, en disant qu'il constitue une étude intéressante et sérieuse présentée avec ordre et une parfaite clarté. Puisse l'auteur faire suivre son travail juridique du travail économique qu'il nous fait entrevoir dans sa préface ! A la fin de celle-ci, il exprimait la crainte de ne pas plaire à tous. La discussion loyale de pareilles questions ne

(1) On aimera à connaître la formule proposée par l'auteur (p. 84) : " L'action en répétition n'est recevable... que dans les deux années du payement.

„ Elle sera intentée par les syndics, au nom des créanciers, en cas de faillite, et, dans tous les autres cas, par le ministère public, au nom des conjoints, des enfants ou des héritiers réservataires du perdant.

„ La répétition du gain encaissé pourra en outre être toujours reconventionnellement réclamée du perdant qui excipe de la nullité de l'opération. „

saurait mécontenter même des adversaires théoriques. Seuls se plaindront, pensons-nous, les corsaires de la Bourse, les exploiteurs des passions d'autrui. M. Vercamer peut dédaigner leur colère.

A. V.

XV

Cours d'économie politique professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Colson, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, conseiller d'État. Tome second. Un volume in-8° de 774 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Dans ce tome second (1) de son magistral ouvrage, M. Colson traite successivement, en deux livres, d'abord de la propriété des biens corporels et incorporels, puis du commerce et de la circulation.

Voici, pour commencer par ce rapide mais utile inventaire, le contenu des différents chapitres, d'après les données du savant auteur.

Livre troisième. La propriété des capitaux, des agents naturels et des biens incorporels.

Chap. I. Caractères généraux, origine et formes diverses de la propriété. — Chap. II. La gestion et la transmission de la propriété. — Chap. III. Importance statistique et rôle économique des différentes catégories de biens. — Chap. IV. La répartition des revenus et ses modifications.

Livre quatrième. Le commerce et la circulation.

Chap. I. Caractères généraux des actes de commerce, législation et police. — Chap. II. La monnaie, le papier-monnaie et la banque. — Chap. III. Le commerce en gros, la spéculation sur les valeurs et les marchandises, et les coalitions. — Chap. IV. Le commerce de détail et les associations coopératives de consommation. — Chap. V. Le commerce international et le système protectionniste. — Chap. VI. Les effets généraux de la liberté des échanges et l'intervention directe de l'État dans le commerce. — *Appendice*. Documents nouveaux sur la statistique des fortunes.

(1) Pour le tome I, voir Revue des Questions scientifiques, seconde série, t. I, janvier 1902, p. 309.

On sait les graves questions modernes soulevées à propos de la possession des biens et de leur circulation. M. Colson n'en omet aucune. Il nous offre une œuvre vraiment actuelle. Fruit d'études et de réflexions personnelles, elle n'est d'ailleurs ni banale ni vieillie en aucune de ses parties. Un exposé parfaitement clair et méthodique en rend la lecture facile et même attrayante.

Si un *cours d'économie politique* ne comporte pas les développements des ouvrages spéciaux, il exige, en revanche, des synthèses résumées qui ne peuvent réussir que lorsqu'elles sont confiées à des maîtres dominant toute la matière à traiter. Nous reconnaissons volontiers ce talent et cette science à M. l'ingénieur Colson. Les controverses sont nettement définies, les arguments loyalement exposés, la conclusion formulée en termes précis. Excellente encore, toujours au point de vue de la bonne ordonnance, cette conclusion générale qui clôture les chapitres dont le sujet divise les économistes.

Pour le fond, M. Colson se rattache à l'école libérale modérée, et ses conclusions pondérées nous paraissent presque toutes atteindre le vrai ou s'en approcher fort. Cette modération apparaît notamment dans le jugement porté sur les trusts, les coalitions et la spéculation, comme dans l'apologie du système libre-échangiste. S'il vante les avantages de laisser aux gens d'affaires la liberté de leurs mouvements, il reconnaît aussi tout le tort que peuvent provoquer des manœuvres déloyales. Et a-t-on en réalité imaginé des sauvegardes plus efficaces que celles-ci : " la répression des *fraudes*, telles que les publications mensongères; l'obligation de la *publicité* pour toutes les corporations qui prétendent bénéficier de la personnalité civile ; le droit de *contrôle* sur la gestion d'une affaire, organisé effectivement au profit de tous ceux qui acquièrent des intérêts dans cette affaire; la *responsabilité civile* vis-à-vis des tiers à qui un préjudice serait causé par des manœuvres déloyales „ (1) ? S'il condamne le protectionnisme, l'auteur repousse cependant un libre-échangisme *unilatéral* et reconnaît des exceptions dûment justifiées. Peu favorable à l'extension démesurée de la propriété collective, il ne partage pas les préjugés de ceux qui décrient la mainmorte. Sans nous ranger pleinement à son avis, en cette matière, et tout en regrettant qu'il tombe encore dans de vieilles erreurs sur la personnalité civile, nous avons été satisfait de la réserve qu'il

(1) Page 518.

met à accorder à l'État des droits trop absolus sur les biens des personnes dites morales, soit réelles, soit fictives.

Dès l'abord nous avons été charmé des idées justes que nous avons rencontrées sur l'origine de la propriété privée, la possession des mines, la propriété littéraire, etc. Que M. Colson n'ait pas saisi la différence qui existait, à certaines époques, entre l'intérêt tiré d'un argent improductif et le fruit d'un capital, cette confusion est, de nos jours, assez compréhensible. Ne verse-t-il pas parfois dans un peu d'optimisme libertaire ? Nous n'oserions pas le nier. Honnête homme, le savant écrivain se défend de toute attaque contre la religion, mais s'il connaissait mieux les fondements de la morale catholique, il ne ferait pas (pp. 62 et 63) si bon marché de l'indissolubilité des mariages demeurés sans enfants et ne trouverait pas dans l'esprit religieux des lois d'autrefois (p. 113) la cause d'une aveugle opposition au prêt à intérêt. Toutefois à peine deux ou trois pages sont-elles déparées par ces erreurs où la bonne foi de l'écrivain a été surprise.

En somme, il y a deux causes qui sortent bel et bien battues des doctes investigations de M. Colson : l'*étatisme* et le *socialisme*. Nous ne saurions assez féliciter l'auteur de leur avoir infligé cette défaite.

A. V.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

Bibliotheca Mathematica (1). — Commencer un bulletin d'Histoire des Mathémathiques et des Sciences par la Bibliotheca Mathematica est une chose qui chaque année s'impose davantage. C'est me répéter que de faire l'éloge de cette excellente Revue, aussi me contenterai-je d'indiquer sommairement les principaux articles du tome IV de la 3e série.

L'histoire des mathématiques et des sciences *chez les Grecs* y est le sujet de cinq travaux : deux consacrés à Simplicius, l'un par M. F. Rudio (2), l'autre par M. Schmidt (3) ; un troisième a pour objet le géomètre Dionysodore (4); les deux derniers nous font connaître certains instruments d'arpentage employés par les Grecs (5). Tous ces articles sont dus à la plume de M. Schmidt.

(1) Bibliotheca Mathematica. *Zeitschrift für Geschichte der Mathematischen Wissenschaften.* Herausgegeben von Gustaf Eneström in Stockholm. Dritter Folge. Vierter Band. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1903.

(2) *Zur Rehabilitation des Simplicius*, von Ferdinand Rudio in Zurich, pp. 13-18. Écrit en réponse à *Simplicius et la Quadrature du Cercle*, par Paul Tannery (Bibliotheca Mathematica, 3e série, t. III, 1902, pp. 342-349).

(3) *Zu dem Berichte des Simplicius über die Mönchen des Hippokrates*, von Wilhelm Schmidt in Helmstedt, pp. 118-126.

(4) *Über den griechischen Mathematiker Dionysodoros*, von Wilhelm Schmidt, pp. 321-325.

(5) *Nivellierinstrument und Tunelbau im Altertume*, von Wilhelm Schmidt, pp. 7-12.

Über die Gestalt der Groma der römischen Feldmesser, von Wilhelm Schmidt, pp. 234-237.

Moyen âge. Les lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES remarqueront tout d'abord l'étude de M. P. Duhem sur la mécanique de Léonard de Vinci (1), sujet que l'auteur a depuis lors repris ici même avec plus de développements (2). A signaler ensuite : une note intéressante de M. Favaro sur Léonard Mainardi (3) ; les observations de M. Suter sur la traduction des noms propres d'auteur, chez Gérard de Crémone (4) ; enfin trois articles, écrits avec talent sur des sujets divers par M. Antoine Björnbo (5). L'un d'eux, celui que l'auteur consacre à Hermann le Dalmate, appelle cependant de formelles réserves ; j'y reviendrai tantôt.

Temps modernes. L'article le plus remarquable concernant cette période est, cette fois, l'œuvre de l'éminent directeur de la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, M. Eneström lui-même ; je fais allusion à la *Correspondance*, en grande partie inédite, d'Euler et Jean I Bernoulli (6). Le volume actuel de la BIBLIOTHECA n'en

(1) *Léonard de Vinci et la composition des forces concourantes*, par P. Duhem, à Bordeaux, pp. 338-343.

(2) *Les Origines de la statique*, par P. Duhem. Chap. II. Léonard de Vinci, REVUE DES QUEST. SCIENTIF., t. LIV, oct. 1903, pp. 469-489.

(3) *Sul matematico Cremonese Leonardo Mainardi*, di Antonio Favaro a Padova ; pp. 334-337 (voir le compte rendu du *Traité d'Arpentage* de Léonard Mainardi, dans mon dernier *Bulletin d'Histoire des mathématiques et des sciences*. REVUE. DES QUEST. SCIENTIF., t. LVI, janv. 1904, pp. 291-293). M. Favaro a donné une suite importante à cet article : *Intorno al presunto autore della Artis metrice practice compilatio edita da Massimiliano Curze*. ATTI DEL REALE ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI. Anno academico 1903-1904. T. XLIII, part. 2ª, pp. 377-395.

(4) *Über einige noch nicht sicher gestellte Autorennamen in den Übersetzungen des Gerhard von Cremona*, von Heinrich Suter in Zürich, pp. 19-27.

(5) *Über ein bibliographisches Repertorium der handschriftlichen mathematischen Literatur des Mittelalters*, von Axel Anthon Björnbo, in Köbenhavn, pp. 326-333.

Die mathematischen S. Marcohandschriften in Florenz, von Axel Anthon Björnbo, pp. 238-245. L'auteur y donne une description détaillée du Codex S. Marco Florent. 184 (Bibl. Laurenziana), et du Codex S. Marco Florent. 213 (Bibl. Nazionale). Ces deux manuscrits avaient déjà été signalés par lui, dans ses *Studien über Menelaos Sphärik* (ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN, MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN, begrundet von Moritz Cantor, t. XIV, pp. 144-145. Leipzig, B. G. Teubner, 1902).

Hermannus Dalmata als Übersetzer astronomischer Arbeiten, von Axel Anthon Björnbo, pp. 130-133.

(6) *Der Briefwechsel zwischen Leonhard Euler und Johann I Bernoulli*, von G. Eneström in Stockholm, pp. 344-388.

renferme encore que la première partie, c'est-à-dire onze lettres, neuf en latin, deux en allemand. Les grands noms d'Euler et de Jean I Bernoulli en font deviner l'intérêt. M. Eneström signale spécialement trois points à l'attention du lecteur : les logarithmes des nombres négatifs, l'intégration de quelques équations différentielles du second ordre, l'équation de la ligne la plus courte tracée sur une surface. La correspondance inédite d'Euler semble avoir échappé au P. Hagen, S. J., qui ne la donne pas dans son *Index operum Leonardi Euleri* (1).

Après l'édition de la correspondance d'Euler et de Bernoulli je nommerai l'étude de M. J. Mayer sur l'astronome Cyprien Leovitius (2) ; celle de M. Wallner sur l'histoire du concept de limite (3) et sur les transformations du concept de l'indivisible de Cavalieri à Wallis (4) ; enfin la note de M. Loria sur un problème de géométrie pseudo-élémentaire (5).

Deux importantes notices, à la fois biographiques et bibliographiques, ont été consacrées, l'une à Tait par M. Macfarlane (6), l'autre à Curtze par M. Günther (7). Très intéressante aussi est la contribution à la biographie de Wolfgang et de Jean Bolyai, par M. Schlesinger (8).

(1) *Index operum Leonardi Euleri* confectus a Joanne G. Hagen, S. J. directore speculae astronomicae Collegii Georgiopolitani Washington D. C. Berolini Felix L. Dames MDCCCXCVI. — Voir notamment dans l'*Appendix* (p. 71), la liste des *Tractatus inediti*.

(2) *Der Astronom Cyprianus Leovitius (1514-1574) und seine Schriften*, von Jos. Mayer in Freising, pp. 134-159.

(3) *Über die Entstehung des Grenzbegriffes*, von C. R. Wallner in München, pp. 246-259. — La première édition de la géométrie de Tacquet, dont l'auteur se plaint de ne pas connaître d'exemplaire (p. 255), existe à la Bibliothèque Royale de Belgique (II, 50 233). En voici le titre complet : *Elementa Geometriæ planæ ac solidæ. Qvibvs accedvnt selecta ex Archimede theoremata. Avctore Andrea Tacqvet Societatis Iesv Sacerdote et Matheseos Professore. Qvid noui in vtrisq; præstitum sit, præfatio ad Lectorem indicabit. Antverpiæ, Apud Iacobvm Mevrsivm. Anno MDCLIV ;* in-8°.

(4) *Die Wandlungen des Indivisibilienbegriffs von Cavalieri bis Wallis*, von C. R. Wallner in München, pp. 28-47.

(5) *Osservazioni sopra la storia di un problema pseudo-elementare*, di Gino Loria a Genova, pp. 48-51. — Il s'agit de la division d'un triangle en quatre parties égales, par deux droites rectangulaires.

(6) *Peter Guthrie Tait, his life and works*, by Alexander Macfarlane in South Bethlehem, pp. 185-200.

(7) *Maximilian Curtze*, von Siegmund Günther in München, pp. 65-81.

(8) *Neue Beiträge zur Biographie von Wolfgang und Johann Bolyai*, von Ludwig Schlesinger in Klausenburg, pp. 260-270.

M. Pexider nous donne la riche bibliographie des notes et mémoires écrits sur le théorème d'Abel (1), et M. Sturm celle des solutions des nombreux théorèmes énoncés sans démonstration par Steiner (2).

Enfin je citerai, pour terminer, deux séries d'articles sur des questions actuelles : la première de MM. Eneström et Cantor, sur la manière dont il convient d'écrire l'histoire des mathématiques (3) ; la seconde de MM. Eneström et Müller, sur un projet de création, en Allemagne, d'une bibliothèque centrale des mathématiques (4).

De l'Histoire générale des sciences, par Paul Tannery (5). — On ne peut que signaler cet article à l'attention du lecteur ; il n'est guère susceptible d'analyse et pour en donner une idée exacte, rendant suffisamment les nuances de l'auteur, il faudrait le transcrire à peu près en entier. En rendant compte ci-dessus du dernier volume de la Bibliotheca Mathematica j'ai indiqué les articles de MM. Cantor et Eneström, dans lesquels ces illustres savants font connaître leurs idées respectives sur la méthode à suivre dans la composition d'une Histoire des Mathématiques. M. Paul Tannery élargit le sujet et nous expose ici le point de vue auquel, d'après lui, il convient de se mettre pour écrire une Histoire générale qui embrasserait, non plus les seules mathématiques, mais l'ensemble de toutes les sciences.

Dans les savantes considérations de M. Paul Tannery, je ne relèverai qu'un point, qui me paraît très juste : c'est que les

(1) *Übersicht über die Literatur des Abelschen Theorems*, von J. V. Pexider in Prag, pp. 52-64.

(2) *Zusammenstellung von Arbeiten, welche sich mit Steinerschen Aufgaben beschäftigen*, von Rudolf Sturm in Breslau, pp. 160-184.

(3) *Über kulturhistorische und rein fachmässige Behandlung der Geschichte der Mathematik*, von G. Eneström in Stockholm, pp. 1-6.

Wie soll man die Geschichte der Mathematik behandeln ? von Moritz Cantor, in Heidelberg, pp. 113-117.

Zur Frage über die Behandlung der Geschichte der Mathematik, von G. Eneström, pp. 225-233.

(4) *Über die Aufgaben einer mathematischen Zentralbibliothek*, von G. Eneström, pp. 82-85.

Zur Frage der Begründung einer mathematischen Zentralbibliothek, von Felix Müller in Friedenau-Berlin, pp. 389-391.

Pour plus de détails, voir la note que j'ai consacrée à cet intéressant projet, dans la Revue des Bibliothèques et Archives de Belgique, t. II, 1904, pp. 211-213.

(5) Revue de Synthèse historique, t. VIII, 1904, pp. 1-16.

historiens des sciences seront toujours fortement influencés par leur caractère, leur goût, la tournure particulière de leur esprit et qu'il y a plusieurs manières de bien faire. " Il doit être bien entendu, ajoute-t-il, qu'en exposant les qualités d'une Histoire générale des Sciences, je ne prétends parler que de la conception que je m'en suis faite. Je ne veux pas dire : cette histoire *doit* être ceci ; mais seulement : on *peut* la faire comme ceci. D'ailleurs après avoir exposé ma conception je la ferai suivre d'un exposé historique restreint, il est vrai, à des proportions très modestes, mais qui suffira, je l'espère du moins, à bien faire comprendre ce que mes explications préalables auront encore pu laisser d'obscur et d'incertain. Je ne puis donc que demander crédit, jusqu'à la fin du volume, au lecteur de ces prolégomènes pour les lacunes qu'il y trouvera. Il est des choses qu'il convient d'expliquer d'abord par le menu ; mais pour d'autres mieux vaut se contenter de dire : prenez et voyez. „

Nous souhaitons vivement que M. Paul Tannery exécute au plus tôt sa promesse, en nous donnant, sans tarder, l'*Histoire des Sciences* elle-même, dont l'article actuel est destiné, nous dit-il, à former la Préface.

L'Histoire du Problème de la trisection de l'angle, par le P. B. Carrara, S. J. (1) — J'ai rendu compte, dans des *Bulletins* précédents, des deux premiers mémoires de l'auteur sur les *Trois Problèmes classiques, dans l'Antiquité* (2). En nous donnant aujourd'hui l'*Histoire du Problème de la trisection de l'angle*, l'auteur met le couronnement à son travail. Je n'hésite pas à dire que ce dernier mémoire est le meilleur des trois. La partie mathématique, très intéressante, y a pris plus de développement ; quant à l'érudition de l'auteur, elle est plus sobre, mais beaucoup plus sûre, ce qui, somme toute, vaut mieux.

A ce propos, je dois cependant appeler l'attention sur une inexactitude, peu importante en elle-même, il est vrai, mais de nature à induire le lecteur en erreur, parce qu'elle émane d'un

(1) Prof. Bellino Carrara, S. J. — *I tre Problemi Classici degli antichi in relazione ai recenti risultati della scienza. Studio storico-critico. — Problema terzo, Trisezione dell' Angolo.* Rivista di Fisica, Matematica e Scienze Naturali, Pavie, 1904.

(2) *Problema primo, La Quadratura del Cerchio*, Riv. di Fis., Mat. e Sc. Nat., 1902. *Problema secondo. La Duplicatura del Cubo*, Riv. di Fis., etc. 1903. Compte rendu : Revue des Quest. scientif., t. LIII, janv. 1903, pp. 318-320 ; t. LV, janv. 1904, pp. 285-287.

membre de la Compagnie de Jésus. Le P. Carrara fait des frères Jean et Thomas Céva, deux jésuites. Thomas Céva entra effectivement dans la Compagnie le 24 mai 1663 et y mourut le 3 février 1737, mais jamais son frère Jean ne fit partie de l'ordre (1).

Cette légère critique faite, voici la traduction de la table des matières de l'ouvrage du P. Carrara.

Chapitre I. — Préliminaires. État actuel de la controverse.

§ 1. Le progrès des sciences mathématiques permet de condamner, *à priori*, tous les soi-disant trisecteurs. — § 2. Seules certaines solutions approchées sont mathématiquement rigoureuses, par la règle et le compas. Exemples de quelques-unes de ces solutions. — § 3. C'est à bon droit que les mathématiciens refusent, *à priori*, d'examiner une solution par la règle et le compas, donnée comme exacte.

Chapitre II. — Méthodes diverses imaginées par les anciens pour résoudre rigoureusement le problème de la trisection de l'angle.

§ 1. Solution d'Hippias d'Élée par la quadratrice. — § 2. Archimède ramène le problème de la trisection à un problème d'insertion. Méthode mécanique d'insertion et méthode scientifique par les coniques. Élégante méthode par la conchoïde. — § 3. Le problème de la trisection chez Pappus. Considérations générales. Pappus obtient la trisection, aussi bien sans qu'avec insertions de droites.

Chapitre III. — La trisection de l'angle dans les temps modernes.

§ 1. Expression analytique du problème. Démonstration de

(1) L'erreur dans laquelle, après bien d'autres, tombe ici le P. Carrara a déjà été relevée notamment dans l'Intermédiaire des Mathématiciens (t. VI, pp. 177-178. Paris, 1899). Sans entrer dans le fonds même du sujet, ni chercher à expliquer l'origine de cette erreur, je remarquerai qu'aucune bibliographie des écrivains de la Compagnie de Jésus ne nomme Jean Céva (voir, p. ex., la plus récente et la plus complète : *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*... par les Pères Augustin et Aloïs De-Backer... Nouvelle édition par Carlos Sommervogel,... t. II,... Bruxelles,... MDCCCXCI). C'est là déjà, pour un auteur aussi connu que Jean Céva, un argument à lui seul bien suffisant. J'en ajouterai cependant un autre: Jean Céva ne signe pas ses ouvrages en faisant suivre son nom des deux lettres S. J. Voici, par exemple, le titre complet du plus connu : *De lineis rectis se invicem secantibus statica constructio ad serenissimum Ferdinandum Carolum Ducem Montiae Montisferati, Guastallae, etc. Auctore Joanne Ceva Mediolanensi. Mediolani, ex typographia Ludovici Montiae, MDCLXXVIII. Superiorum permissu.*

l'impossibilité d'une solution par la règle et le compas. — § 2. Solutions de Descartes et de Wolf par un cercle et une conique. — § 3. Contribution apportée par Newton à la solution du célèbre problème. — § 4. Solution du problème par le Limaçon de Pascal. — § 5. Instruments divers imaginés pour résoudre le problème de la trisection. Le compas de Varignon. Les trisecteurs de Fusineri, d'Amadori, d'Arthur Good. La trisectrice du général Plebani. — § 6. Épilogue et conclusion particulière du problème de la trisection. Conclusion générale de toute l'Histoire de la solution des trois problèmes.

Le style de l'auteur facile, clair et élégant rend la lecture de son mémoire aisée et des plus agréables.

Histoire des Mathématiques au XVIe et au XVIIe siècle, par M. Zeuthen (1). — Le livre de M. Zeuthen, qui vient de paraître à la fois en danois et en allemand, fait suite à son *Histoire des Mathématiques dans l'Antiquité et au Moyen Age,* dont nous avons rendu compte aux lecteurs de la Revue (2). Le nouveau volume du professeur de Copenhague est marqué, comme le premier, d'un cachet profondément original et personnel.

En effet, dans un article de la Bibliotheca Mathematica, que j'ai déjà signalé ci-dessus (3), M. Moritz Cantor disait qu'il concevait deux manières extrêmes et opposées d'écrire l'histoire de la mathématique. Il faut distinguer, disait-il, l'histoire de la *mathématique* et l'*histoire* de la mathématique, soulignant un mot ou l'autre, suivant la prédominance accordée au point de vue mathématique ou au point de vue historique (4). La première méthode oriente surtout le travail suivant la filiation des doctrines et le développement des idées scientifiques ; c'est l'histoire de la *mathématique,* intéressant surtout le géomètre de profession. Dans l'*histoire* de la mathématique, au contraire, si la ma-

(1) H. G. Zeuthen, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert.* Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Raphaël Meyer (Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. Begründet von Moritz Cantor, t. XVII. Leipzig, 1903).

(2) T. LII, juillet 1902, pp. 265-275.

(3) *Wie soll man die Geschichte der Mathematik behandeln* ? Voir, ci-dessus (p. 662), le compte rendu du dernier volume de la Bibliotheca Mathematica.

(4) " Ich gestatte mir den Gegensatz darin zu finden, dass man von der Wortverbindung Geschichte der Mathematik, bald das Wort *Geschichte,* bald das Wort *Mathematik* stärker betont „ (*O. c.*, p. 114).

thématique fournit encore les matériaux, ceux-ci ne doivent plus être mis en œuvre exclusivement au profit du mathématicien. C'est le tableau de la vie civilisée qui sert de fonds. Sur celui-ci se dégagent en pleine lumière les traits mathématiques qui caractérisent la civilisation d'une époque et qui servent eux-mêmes à éclairer ce fonds.

En écrivant ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, le professeur d'Heidelberg lui-même a néanmoins suivi en fait une méthode intermédiaire entre ces deux types, mais M. Zeuthen est allé aux extrêmes et s'est placé franchement au premier des points de vue décrits par Cantor. C'est ce qui fait la nouveauté de son livre et l'empêche de faire double emploi avec les *Vorlesungen* de Cantor. Car c'est en s'efforçant surtout de démêler l'évolution successive des idées, en précisant les occasions d'où surgirent les nouveaux procédés de calcul et d'analyse, que M. Zeuthen fait l'*Histoire des Mathématiques au XVIe et au XVIIe siècle.* Pour mieux atteindre ce but et n'avoir plus à se préoccuper dans la partie principale de l'ouvrage que de la seule filiation des idées, il réserve tout l'aperçu historique et biographique à la première partie. Écrite dans cet esprit par un des maîtres de la Géométrie moderne, qui est en même temps un érudit de premier ordre, l'*Histoire* de M. Zeuthen fera époque et ne sera pas déplacée à côté de l'*Aperçu* de Chasles ou de l'*Histoire de l'Astronomie* de Delambre.

Voici la traduction de la table des matières :

I. *Aperçu historique et biographique.*

II. *L'Analyse des quantités finies.* — 1. La résolution algébrique des équations du 3e et du 4e degré. 2. Les symboles algébriques. 3. La théorie générale des équations. 4. La trigonométrie et ses relations avec l'algèbre. 5. Calculs numériques avant l'invention des logarithmes. 6. L'invention et le calcul des logarithmes. 7. Théorie des nombres, équations indéterminées et fractions continues avant Fermat. 8. Les théorèmes de Fermat sur les nombres entiers. 9. Coefficients binomiaux, combinaisons, calcul des probabilités. 10. Géométrie, applications de la projection centrale. 11. Travaux de Fermat appartenant à l'algèbre et à la géométrie analytique. Coordonnées. 12. La géométrie de Descartes. 13. L'analyse des quantités finies après Descartes.

III. *L'origine et les premiers développements du calcul infinitésimal.* — 1. La mécanique au commencement des temps modernes. 2. Intégration avant le calcul intégral : *a)* Kepler ; *b)* Cavalieri, Torricelli et Grégoire de Saint-Vincent ; *c)* Fermat et

Pascal ; *d)* Wallis ; *e)* Applications des intégrales, rectifications, centre d'oscillation du pendule. 3. Méthode des approximations infinies, séries. 4. Problèmes que l'on résout aujourd'hui par des différentiations : *a)* Méthode des tangentes par Torricelli et Descartes, quelques procédés particuliers pour déterminer les tangentes par Descartes ; *b)* Méthodes de Descartes et Hudde ; *c)* Méthode de Fermat, règles de Huygens et de Gluse. 5. La cycloïde, applications mécaniques qu'en fait Huygens, développées. 6. Méthode inverse des tangentes, théorème sur l'inversion de Barrow. 7. Relations entre Barrow et Newton, applications que fait celui-ci du théorème sur l'inversion. 8. Développement en séries par Newton, extension qu'il donne à la méthode des coefficients indéterminés. 9. Résultats trouvés par Newton au moyen du développement en séries et de l'intégration. 10. La méthode des fluxions de Newton. 11. Les *Principes* de Newton. 12. Leibniz jusqu'à la fondation du calcul différentiel. 13. Commencement d'une ère nouvelle dans l'histoire des mathématiques.

L'ouvrage se termine par une table analytique des matières imitée de celles que Cantor a ajoutées à chacun des volumes de ses *Vorlesungen*.

Sans entrer dans d'autres détails, je signalerai à l'attention du lecteur belge les quelques lignes que M. Zeuthen consacre à ce chapitre trop oublié de Grégoire de Saint-Vincent, dans lequel le célèbre Jésuite brugeois montre l'analogie des propriétés de la parabole et de la spirale d'Archimède (1).

Les Pneumatiques de Philon de Byzance, par Carra de Vaux (2). — " Le livre des *Pneumatiques* de Philon de Byzance,

(1) Il s'agit de l'appendice du livre VII de l'*Opus geometricum Quadraturae circuli... Antverpiae 1647* (pp. 604-702), intitulé *Spiralis et Parabolae Symbolisatio.*

Je ne puis quitter Grégoire de Saint-Vincent sans nommer au moins la petite note, *Deux Théorèmes de Grégoire de Saint-Vincent*, publiée par M. Aubry dans MATHESIS, t. XXIV, Gand, 1904, pp. 129 et 130. Le titre fait allusion au théorème où Grégoire établit l'identité des sections du cône droit avec les courbes du second degré définies par les propriétés de leurs rayons vecteurs *(Opus geometricum*, pp. 540 et 541) ; et aux deux problèmes où il donne et justifie la construction des cercles osculateurs aux extrémités des axes de l'ellipse et de la parabole *(Opus geometricum*, pp. 314 et 420).

(2) *Le Livre des Appareils pneumatiques et des Machines hydrauliques*, par Philon de Byzance, édité d'après les versions arabes d'Oxford et de Constantinople et traduit en français par le baron Carra de Vaux. NOTICES

dit le baron Carra de Vaux, a cessé d'être inconnu du monde savant, en 1870, époque à laquelle Valentin Rose publia le document qui porte ce titre dans ses *Anecdota graeca et graeco-latina*, vol. II, à Berlin. L'authenticité du morceau ne parut pas douteuse ; on reconnut aussi sans peine que l'on avait là, non pas l'œuvre entière de Philon, mais un fragment, fragment qui au reste ne manquait pas d'importance, et que la version en avait été faite d'après l'arabe. Ce morceau latin fut traduit en français par M. de Rochas dans la Revue archéologique, 1881, sous le titre *Traité des pneumatiques de Philon de Byzance*, et cette traduction eut une seconde édition, sous la désignation plus correcte de *Fragment des Pneumatiques de Philon de Byzance*, dans la *Science des philosophes et l'art des thaumaturges*, par le même auteur, en 1882. En dernier lieu M. W. Schmidt, à la fin du premier volume de son édition des œuvres de Héron d'Alexandrie *(Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia*, Leipzig, Teubner, 1899), réédita les *Pneumatiques* latines de Philon, en les accompagnant d'une traduction allemande et de figures plus explicites que n'avaient fait ses prédécesseurs (1). „

M. Carra de Vaux nous donne aujourd'hui un texte arabe des *Pneumatiques*, beaucoup plus complet que les textes précédents. Son édition est faite sur le manuscrit 3713 de la Bibliothèque Sainte-Sophie à Constantinople. Au corps principal de l'ouvrage il a ajouté deux Appendices tirés d'un manuscrit arabe de la Bibliothèque Bodléienne à Oxford. Notre manque de compétence nous empêche de nous prononcer sur le mérite du texte arabe, mais M. Carra de Vaux ayant eu l'heureuse inspiration d'y joindre une traduction française, il nous a été possible d'apprécier toute l'importance et l'intérêt du fonds même de l'ouvrage de Philon.

“ Telles qu'elles nous apparaissent dans le texte de Sainte-Sophie, dit de nouveau le savant éditeur (2), les *Pneumatiques* de Philon forment un ouvrage bien composé, autant du moins que le genre du sujet et leur antiquité le permettent. On y trouve en tous cas un peu plus d'ordre que dans les *Pneumatiques* de Héron. Elles débutent comme ce dernier ouvrage,

et extraits des Manuscrits de la Bibliothèque Nationale et autres Bibliothèques publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres, t. XXXVIII, 1e partie, pp. 27-235 ; Paris, 1903.

(1) *Introduction*, pp. 27 et 28.

(2) *Introduction*, p. 34.

mais avec plus de brièveté, par une théorie sur la nature de l'air, sur son rapport et sa jonction avec l'eau, et sur le vide ; puis elles continuent par la théorie du siphon et elles entrent alors dans la description d'appareils plus ou moins merveilleux, avec les fontaines à intermittences, les lampes à niveaux constants, les vases à deux ou quatre liquides. Vers la fin, le livre s'écarte davantage des *Pneumatiques* de Héron, en donnant la théorie des flotteurs, des coupes voleuses de vin, des robinets et surtout des machines hydrauliques. „

Les *Pneumatiques* de Philon présentent une originalité réelle, par rapport à celles de Héron. Mais on dirait que Héron ait, lui aussi, été préoccupé de garder une certaine orginalité par rapport à Philon. Il n'y a presque pas d'article qui soit transporté directement de l'un à l'autre. Quand Philon et Héron traitent des questions analogues, la disposition mécanique des appareils change ou tout au moins leur ornementation artistique.

On ne sait rien du traducteur arabe des *Pneumatiques* de Héron. Il n'est pas même certain que sa version ait été faite directement d'après le grec. On y rencontre beaucoup de mots techniques qui ne sont pas d'origine arabe. M. Carra de Vaux en donne la liste à la fin de son édition. Un grand nombre de ces mots sont d'origine araméenne, d'autres sont persans ; un petit nombre seulement sont la transcription de mots grecs.

Hermann le Dalmate, traducteur des traités arabes (1). — Le savant directeur de la Bibliotheca Mathematica, M. Eneström, s'est, à deux reprises (2), en 1902, occupé de ce personnage, en proposant à son sujet divers problèmes, dont voici les principaux :

Comment expliquer qu'une même version latine de certains traités arabes soit attribuée à des traducteurs différents ? Le *Planisphère* de Ptolémée, par exemple, l'est tantôt à Rodolphe de Bruges, tantôt à Hermann le Dalmate.

Plus généralement, quelle part revient à Hermann le Dalmate dans les versions latines des ouvrages arabes ?

L'année suivante, M. Björnbo de Copenhague répondit à cette

(1) *Hermannus Dalmata als Übersetzer astronomischer Arbeiten*, von Axel Anthon Björnbo. Bibliotheca Mathematica, 3. Folge, 4. Band, pp. 130-183. Leipzig, 1903.

(2) Bibl. Math., 3. Folge, 4. Band, pp. 323, 410 et 411 ; voir aussi : 3. Folge, 3. Band, p. 76.

double question, dans la même revue, par un article intitulé *Hermann le Dalmate, traducteur de travaux astronomiques.*

La lecture de cette discussion m'a surtout laissé l'impression que l'un et l'autre des savants historiens doivent avoir ignoré les beaux travaux écrits sur le sujet par un érudit très favorablement connu cependant des lecteurs de la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, j'ai nommé l'abbé Clerval (1). Sinon, je ne m'explique pas la portée exacte de la question de M. Eneström et je m'explique encore beaucoup moins la réponse que lui fait M. Björnbo.

Quoi qu'il en soit, la question de M. Eneström donne lieu à un problème intéressant. Le lecteur le sait, de nombreuses versions latines de textes arabes sont attribuées, dans les manuscrits, à des traducteurs différents. Précisons le cas du *Planisphère* de Ptolémée, par exemple. L'édition qu'en a donnée Ziegler, en 1536, est faite d'après un manuscrit qui l'attribue à Rodolphe de Bruges (2). Or la préface du manuscrit 7377 B du fonds latin de

(1) Voir le compte rendu, par M. Eneström, de son édition d'*Une correspondance d'Écolâtres au XIe siècle*, que M. Clerval a publié en collaboration avec M. Tannery. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3. Folge, 1. Band, p. 524. Leipzig, 1900.

Quant aux travaux de l'abbé Clerval sur Hermann le Dalmate, je fais allusion aux mémoires suivants :

Hermann le Dalmate et les premières traductions latines des traités arabes d'astronomie au moyen âge, par M. l'abbé Clerval, supérieur de la maîtrise de Chartres. COMPTE RENDU DU CONGRÈS SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DES CATHOLIQUES, tenu à Paris du 1er au 6 avril 1891. Cinquième Section, Sciences historiques, pp. 163-169. Paris, Picard, 1891.

L'enseignement des arts libéraux à Chartres et à Paris dans la première moitié du XIIe siècle d'après "l'Heptateuchon" de Thierry de Chartres, par M. l'abbé Clerval, professeur au grand séminaire de Chartres. CONGRÈS SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DES CATHOLIQUES, tenu à Paris du 8 au 13 avril 1888, t. II, pp. 277-296. Paris, 1888.

Les Écoles de Chartres au moyen âge (du Ve au XVIe siècle), par l'abbé Clerval, Liv. III, *passim*. Paris, Picard, 1895. Ce travail de M. Clerval forme le tome XI des MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ D'ARCHÉOLOGIE D'EURE-ET-LOIR. Ce dernier ouvrage corrige et complète les deux autres.

(2) *Sphæræ atqve astrorvm coelestium ratio, natura, & motus : ad totius mundi fabricationis cognitionē fundamenta. M. D. XXXVI. Valderus* (Basileæ), p. 227.

A ce propos je crois bon d'observer que, d'après la *Bibliographie générale de l'astronomie*, par Houzeau et Lancaster, t. I, Bruxelles, 1887, p. 630, il y aurait non pas trois éditions latines du *planisphère* de Ptolémée, comme le suppose M. Björnbo (p. 131), mais bien cinq, Rome 1507, Rome 1508, Nuremberg 1531, (Bâle) 1536, Venise 1558. Je ne connais pas d'exemplaire de Nuremberg 1531, mais les quatre autres se trouvent au British Museum. Il vaudrait peut-être la peine d'y confronter les deux

la Bibliothèque Nationale de Paris, pour ne citer que lui, l'attribue à Hermann le Dalmate (1). D'ailleurs la plupart des manuscrits du *Planisphère* n'ont pas de nom de traducteur. Sauf cette curieuse différence, tous les Codices en question reproduisent un même texte original.

Sans doute c'est là au premier abord un fait étrange. Mais, dès 1819, à propos de variantes du même genre qui se rencontrent dans la première version latine de l'Alcoran (2), Jourdain en donnait, quoique avec un peu d'hésitation, une explication fort acceptable. " L'histoire de cette entreprise, disait-il, n'est pas encore parfaitement éclaircie. On y voit paraître trois traducteurs : le maître Pierre, Robert de Rétines et Hermann le Dalmate. On peut expliquer cette singularité par la méthode qu'on suivait alors pour mettre un texte arabe en latin. On prenait avec soi un arabe ou un juif converti, qui expliquait l'arabe en langue vulgaire, et l'auteur réputé de la version le mettait en latin sous la dictée de l'interprète. On verra ci-après divers exemples de cette méthode : le maître Pierre remplissait sans doute ici le rôle d'interprète, Robert et Hermann écrivaient à tour de rôle sous

éditions de Rome, dont les titres ne diffèrent pas par le seul millésime, comme le dit Houzeau (*l. c.*). Les voici d'après le *British Museum, Catalogue of printed books.*

In hoc operae (sic) *haec continētur Geographia Cl. Ptholomaei... emendata... Schemata cum demonstrationibus suis correcta a Marco... Beneventano : & Ioanne Cota... Figura de proiectione Sphœræ in plano... Sex tabulæ noviter cōfectæ... Maxima quantitas dierum civitatum : & distantiæ locorum ab Alexandria Aegypti... Planisphœrium Cl. Ptholomœi... emendatum a Marco... Beneventano* (*De locis ac mirabilibus mundi*). *Per Bernardinū Venetū de Vitalibus : Romæ, 1507.*

In hoc opere hæc continentur, Geographiæ (sic) *Cl. Ptolemœi... emēdata... Schemata cū demonstrationibus suis... Figura de proiectione sphœræ in plano... Maxima quantitas dier;... Planisphœrium Cl. Ptolemœi... Nova orbis descriptio ac nova Oceani navigatio qua Lisbona ad Indicū pervenitur pelagus Marco Beneventano œdita. Nova et universalior Orbis cogniti tabula Ioa. Ruysch Germano elaborata. Sex Tabulæ noviter confectæ, etc. Rome, 1508.*

(1) Les parties principales de la préface du *Planisphère*, d'après le Cod., fonds latin 7377 B, de la Bibl. Nat. de Paris, ont été publiées par M. Clerval en appendice à son mémoire, *L'enseignement des arts libéraux à Chartres et à Paris*, pp. 295 et 296. M. Björnbo nous apprend (p. 131), et c'est l'information la plus importante de son article, que le Codex de la Bibliothèque du Vatican, Regin. 1285, attribue également la traduction du *planisphère* à Hermann le Dalmate.

(2) *Recherches critiques sur l'âge et l'origine des traductions latines d'Aristote...* Par M. Jourdain, p. 102. Paris, 1819.

sa dictée. La traduction faite ainsi dut être attribuée, tantôt à Pierre, tantôt à Robert, tantôt à Hermann. „

Que cette méthode de travail ne soit pas une hypothèse gratuite, émise par Jourdain pour les besoins de la cause, je n'en veux pour preuve que ce passage d'un contemporain, Pierre le Vénérable, abbé de Cluny, dans son traité *Contra Sectam et Hœresim Saracenorum.* Je cite la traduction de l'abbé Clerval qui se rallie d'ailleurs complètement à l'opinion de Jourdain (1) :

" Je me suis adressé, dit-il, aux hommes habiles dans la langue arabe, et je les ai persuadés par mes prières et mes présents de traduire le Coran ; à ces chrétiens j'ai adjoint un sarrasin ; les chrétiens s'appelaient Robert de Rétines, Hermann le Dalmate, Pierre de Tolède ; le sarrasin se nommait Mahomet. Ils ont édité à l'usage des latins un gros volume. C'était l'année que j'allai en Espagne, et que j'eus un entretien avec Alphonse le Victorieux, c'est-à-dire en 1141 (2). „

J'abrège et je crois donc bien démontré par Jourdain et Clerval, que lorsqu'une même version latine d'auteur arabe est attribuée à plusieurs traducteurs du XIIe siècle différents, il faut admettre, jusqu'à preuve du contraire, que tous y ont effectivement contribué. Quant à faire le départ de ce qu'il convient d'y accorder au juste à chacun d'eux, c'est là le plus souvent un problème insoluble. C'est dire que, tout en reconnaissant l'intérêt de l'article de M. Björnbo, je ne saurais adopter ses conclusions sans de graves réserves. En nous signalant le manuscrit du Vatican, Regin. 1285, M. Björnbo ajoute, il est vrai, un argument à ceux qu'on possédait depuis longtemps, pour prouver qu'Hermann le Dalmate avait mis la main à la traduction du *Planisphère* de Ptolémée, mais cela ne change guère l'état de la question. Je ne vois notamment pas en quoi cet argument démontre que Rodolphe de Bruges n'a pas collaboré à cette traduction, d'autant plus qu'il est notoire que Rodolphe, comme Hermann, était élève de l'École de Chartres, l'un des principaux foyers scientifiques de l'Europe au XIIe siècle (3).

(1) *Les Écoles de Chartres*, p. 189. Le texte original se trouve dans le dit *Patrologiae cursus completus* par Migne, t. CLXXXIX, coll. 671.

(2) Comment expliquer qu'un historien d'ordinaire aussi bien informé que M. Björnbo ait pu écrire la phrase suivante (p. 132) :

" Die Erörterungen sämtlicher neueren Autoren und Bibliographen können wir nun, glaube ich, ruhig beiseite lassen ; *sie ruhen sicher ausschliesslich auf den hier aufgeführten Quellen, nennen wenigstens keine andere !* „

(3) Il va sans dire que je ne saurais non plus me rallier sans les mêmes réserves à la critique de M. Suter, quand il reproche au nouvel éditeur

Biographie de Kepler, par Ad. Müller, S. J. (1). — " Le succès obtenu naguère par notre biographie du fondateur de l'astronomie moderne, Copernic (2), dit le P. Müller dans sa préface, nous engage à publier aujourd'hui une étude analogue sur Jean Kepler, son célèbre continuateur. Par là, nous satisfaisons à un vœu bien des fois exprimé. Sans doute les matériaux utilisables pour une vie de Kepler, sont tout autrement riches et abondants que ceux qui nous ont servi a écrire la vie du chanoine de Frauenbourg ; mais ils sont restés à l'état brut et n'ont guère été mis en œuvre jusqu'ici. Aussi le travail reste-t-il encore presque entièrement à faire.

„ Les historiens de l'astronomie se contentent d'analyser les ouvrages de Kepler ; c'est, au point de vue particulier de leur science, tout ce qui leur importe. D'autres, tel le docteur Schusters (3), étudient exclusivement le grand homme dans le rôle qu'il joua au milieu des polémiques de son temps. D'autres enfin déploient leur activité à la recherche de lettres et de documents inédits. Pour nous, nous choisissons le rôle de narrateur. Nous raconterons la vie de Kepler tout entière, nous efforçant de mettre tout l'homme en pleine lumière. „

Ce but, le P. Müller nous semble l'avoir heureusement atteint.

Sans doute, comme il le fait remarquer, la vie de Kepler avait déjà été écrite par Frisch, au tome VIII des *Joannis Kepleri Opera omnia* (4). J'ajouterai pour ma part qu'elle l'avait même été avec

d'Al-Battâni, M. Nallino, d'avoir donné Rodolphe de Bruges pour traducteur du *Planisphère* et qu'il ajoute : " es ist hier darauf aufmerksam zu machen, dass Björnbo nachgewiesen hat dass Hermannus Secundus der Übersetzer dieser Schrift ist „ (Bibl. math., 3. Folge, 5. Band, p. 79. Leipzig, 1905).

(1) *Johann. Keppler, der Gestetzgeber der neueren Astronomie. Ein Lebensbild*, von Adolf Müller, S. J., Professor der Astronomie an der Gregorianischen Universität zu Rom. Erganzungshefte zu den " Stimmen aus Maria-Laach „, 83. Un vol. in-8° de 186 pages. Freiburg im Breisgau, Herdersche Verlagshandlung, 1903.

J'écris Kepler, conformément à l'usage des auteurs français, tandis que le P. Müller préfère l'orthographe Keppler. Je ne puis que renvoyer à la note qu'il consacre à ce sujet au bas de la page 1.

(2) *Nikolaus Copernicus, der Altmeister der neueren Astronomie...* Erganzungshefte zu den " Stimmen aus Maria-Laach „, 72. Freiburg im Breisgau, Herder, 1898.

(3) *Johan Kepler und die grossen Kirchlichen Streitfragen zeiner Zeit*, Graz, 1888.

(4) *Joannis Kepleri Astronomi Opera omnia* edidit Ch. Frisch. Volumen II, pars II, Francofurti ad M. Heyder et Zimmer, 1871.

La vie de Kepler occupe toute cette seconde partie du tome VIII.

une exubérance d'érudition, une richesse de documents et d'informations de tous genres, qu'on chercherait vainement chez le P. Müller. Mais en revanche quelle obscurité chez Frisch ; quel inextricable fouillis ! J'en appelle à tous ceux que leurs études ont mis dans la nécessité d'y rechercher un renseignement ! Aussi la vie de Kepler par le P. Müller sera-t-elle reçue avec reconnaissance, car elle comble une vraie lacune.

L'auteur se distingue précisément par les deux qualités qui font le plus défaut à Frisch : la belle ordonnance du plan et la juste proportion des parties (1). Il ne nous semble pas avoir fait d'importantes trouvailles personnelles ; d'ailleurs, écrivant pour le grand public, ce n'était guère là ce qu'il cherchait. Il a sérieusement étudié Kepler et nous le fait parfaitement connaître.

En résumé, le P. Müller a écrit un ouvrage excellent et des plus utiles, auquel nous ne craignons pas de prédire le même succès qu'à sa biographie de Copernic.

Les derniers travaux bibliographiques sur les ouvrages de Michel Florent van Langren (2). — En présentant à la Société scientifique, en octobre 1903, l'*Apologie* (3) des trois ingénieurs Coeck, Mercx et Janssens, contre Michel Florent van Langren, mathématicien et cosmographe du roi d'Espagne, je faisais remarquer l'intérêt que les pamphlets de circonstance écrits par Michel Florent van Langren offrent pour l'histoire de l'hydraulique. J'insistais en même temps sur leur rareté et sur l'utilité qu'il y aurait à en signaler les exemplaires qui en existent

(1) Deux excellentes tables, l'une des matières, par ordre des chapitres, l'autre alphabétique des noms propres cités y facilitent beaucoup les recherches.

(2) *Notice sur les documents relatifs à Michel-Florent van Langren, Cosmographe et Mathématicien du Roi, conservés aux Archives de la Ville de Bruxelles*, par G. Des Marez, Archiviste adjoint de la Ville de Bruxelles (Revue des Bibliothèques et Archives de Belgique, t. I, 1903, pp. 317-378 ; t. II, 1904, pp. 23-31).

Contribution à la Bibliographie de M. F. van Langren. Documents existant à la Bibliothèque Royale de Belgique, par Alb. Tiberghien, attaché à la Bibliothèque Royale de Belgique (Rev. des Bibl. et Arch. de Belg., t. II, 1904, pp. 191-204).

(3) Voir le titre complet, dans le résumé de ma communication publié dans les Annales de la Société scientifique, t. XXVIII, 1e partie, pp. 63-70.

J'ai décrit cet opuscule plus complètement dans ma note *Sur un pamphlet concernant les travaux à effectuer au port d'Ostende, publié en 1660 à Bruxelles* (Rev. des Bibl. et Arch. de Belg., t. I, 1903, pp. 287-291).

encore. Mon appel a été entendu au delà de ce que j'osais espérer, car en moins d'un an de temps, deux notices bibliographiques importantes sur les ouvrages de van Langren ont vu le jour.

La première est la *Notice sur les Documents relatifs à Michel-Florent van Langren conservés aux Archives de la Ville de Bruxelles*, par G. Des Marez. Ils sont contenus, pour la plupart, dans deux recueils reliés.

Le premier, que M. Des Marez désigne sous le nom de *Recueil V. L.*, est d'autant plus intéressant qu'il fut constitué par van Langren lui-même, en vue de justifier ses projets de travaux hydrauliques à exécuter dans Bruxelles et la banlieue.

C'est un ensemble de pièces, tant en original qu'en copie, d'imprimés, de plans manuscrits et de minutes de correspondance. Le tout est relié dans un couvercle, recouvert d'une feuille de papier jaspé, constituant ainsi un volume de format in-folio (32×20), folioté à l'encre rouge de 1 à 62, et coté n° 632 des manuscrits de la Ville. Au verso extérieur de la couverture, est collée sur le plat une bande de papier blanc, qui porte cette inscription : " Ce livre appartien, à Mad^le van langren sur la haut rue, à Bruxelles ". C'est sous ce titre que A. Wauters le signale à la fin de la *Biographie de van Langren* qu'il publia dans la *Biographie Nationale* ; toutefois il s'exprime incorrectement en disant que l'inscription ci-dessus figure au dos du Recueil. Les documents réunis par van Langren, vont de 1639 à 1670. Cette dernière date (f° 37, v°) indique que le Recueil doit avoir été composé après l'année 1670. Ce fut, nous l'avons déjà dit, pour justifier ses projets, rejetés et combattus principalement par les architectes Jacques Francquaert et Pierre Mercx, que van Langren se décida à réunir toutes ces pièces, en les rattachant les unes aux autres par des remarques personnelles.

Pour donner une idée de l'importance du *Recueil V. L.*, je dirai qu'outre des cartes et de nombreuses pièces manuscrites, il ne renferme pas moins de trois opuscules imprimés, dus à van Langren, dont jusqu'ici on ne connaît pas d'autre exemplaire (1).

(1) *Eenighe Middelen om de princelijke Stadt Brussel van de Inundatie ofte watervloet te bedrijven. Gedrucht, bij Govaerdt Schoevaerds, wonende op de Kesemerck, 1648.* Placard, de format 30×18, imprimé en deux colonnes.

Démonstracion avec quelle facilité on peut fortifier la ville de Bruxelles, par moyen de la Reviere de Senne. Placard non daté, imprimé en deux colonnes, 32×20, accompagné d'une planche et d'un dessin colo-

Le second recueil relié se trouve dans la Bibliothèque de la Ville (nº 15767B). C'est un volume de format in-4º composé par la réunion de plusieurs brochures de van Langren. Elles sont toutes connues et décrites dans la BIBLIOTHECA BELGICA, par le Bibliothécaire en chef et les Conservateurs de la Bibliothèque de l'Université de Gand (1).

M. Des Marez dit, lui-même, qu'il a limité ses recherches aux seuls documents concernant les travaux d'utilité publique que van Langren voulait faire exécuter à Bruxelles. Il est donc peut-être utile de rappeler qu'on conserve en outre à la Bibliothèque des Archives de la ville de Bruxelles (nº 4133) la pièce suivante qui est fort rare (2) :

Repraesentatio partis Coeli svb qva cometa mense Decembri percurrebat año 1652. Elle a été donnée jadis au P. A. Tacquet, S. J., par le P. O. Zylius, comme le prouve une note manuscrite qu'on lit au bas du titre : " R. P. Tacquet, O Zylius cum salute P. van de Velde „.

La deuxième notice bibliographique sur les travaux de van Langren, publiée dans la REVUE DES BIBLIOTHÈQUES DE BELGIQUE, est la liste des ouvrages de ce savant existant à la Bibliothèque Royale, par M. A. Tiberghien.

L'auteur divise les opuscules de van Langren en trois groupes :

1º *Brochures théoriques*, au nombre de trois. Ce groupe comprend les opuscules écrits par van Langren à propos de sa méthode des longitudes (3) et en outre un curieux *Calendarium perpetuum* (4).

rié, indiquant la coupe des chutes d'eau nécessaires pour faire tourner les moulins de la ville.

Michael Florencio Van Langren cosmographe ende Mathématicien van Sijne Majesteit, Sprekende aende invoonders van de Princelijke Stadt Brussel, om deselve te verlossen van de jarelijksche Overvloedt van de riviere de Senne, volghens de begheerte van syn Doorluchtighe Hoogheyt Don Juan van Oostenrijck,... etc. In-folio de deux feuillets sans date et sans nom d'imprimeur.

(1) 1e série, t. XIII. Gand, 1880-1890.

(2) Décrite un peu sommairement dans la BIBL. BELG., 1e série, t. XIII, L. 13.

J'en connais un second exemplaire à la Bibliothèque de l'Université de Gand, Res. 1191B.

Voir sur cet opuscule la lettre de van Langren à Boulliaud, résumée par Houzeau dans le BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, DES LETTRES ET BEAUX-ARTS DE BELGIQUE, t. XIX, 3e partie, p. 505. Bruxelles, 1852.

(3) Décrits très complètement dans la BIBL. BELG., 1e série, t. XIII, L. 8.

(4) Décrit dans la BIBL. BELG., 1e série, t. XIII, L. 10.

2° *Brochures pratiques*, accompagnées de cartes et de plans relatifs aux projets de travaux hydrauliques proposés par van Langren. On peut de nouveau les subdiviser en cinq groupes :

a) Travaux à exécuter pour empêcher les inondations de la Senne à Bruxelles.

b) Amélioration du port d'Ostende.

c) Amélioration du port de Dunkerque.

d) Assainissement des égouts et cours d'eau intérieurs d'Anvers.

e) Canal de Malines.

3° *Cartes conservées à la 3e section de la Bibliothèque Royale* (Cabinet des estampes, cartes et plans).

Pour terminer je compléterai, en un point ou deux, les nombreux et très importants renseignements que nous fournit M. Tiberghien.

Et d'abord, outre le *Calendarium perpetuum*, coté II, 8030, qui est imprimé en noir et que signale M. Tiberghien, la Bibliothèque Royale en possède un autre exemplaire en couleur. Il m'a été montré, il y a un an environ, par M. Petit, qui à cette époque ne l'avait pas encore coté. Je ne saurais pour le moment préciser davantage.

Ensuite la brochure relative à Dunkerque a été rééditée avec quelques modifications peu importantes d'orthographe et de style, dans la *Description historique de Dunkerque... par Mr Pierre Faulconnier... A Bruges en Flandres M.DCC.XXX* (1). Cette réimpression est à ajouter à celles de de Rive et Bierens de Haan, signalées par M. Tiberghien.

Enfin l'*Apologie* des trois ingénieurs eut une réponse écrite sous l'inspiration de van Langren et publiée probablement par lui. C'est la *Copia de un Papel*, par don Alonso de Zepeda, dont il existe un exemplaire imprimé à la section des manuscrits de la Bibliothèque Royale (3).

H. Bosmans, S. J.

(1) T. II, pp. 10-13. Bibl. Roy. de Belg., V. H. 27 743.

(2) J'en ai donné le titre complet et l'analyse sommaire dans les Annales de la Société scientifique, t. XXVIII, 1e partie, p. 66, en note.

(3) Ms. 16 648. Autre exemplaire à l'Université de Gand, Res. 1191[5]. Cet opuscule est décrit dans la Bibl. Belg., 1e série, t. XXVI, Z. 1.

AGRICULTURE

—

La récente exposition régionale d'Arlon a consacré une fois de plus le succès de nos associations agricoles, fondées sur la science, et de nos écoles régionales, comme celles de Virton et Carlsbourg, qui ont contribué pour une large part aux transformations de la culture et à la création des laiteries coopératives et des syndicats dans le Luxembourg.

Si l'on constate aujourd'hui des métamorphoses aussi rapides et aussi fécondes en résultats pratiques dans toutes nos provinces, c'est incontestablement, de l'avis même de nos adversaires, au Gouvernement catholique que nous le devons. Grâce à l'initiative du Service technique de l'agriculture, ces progrès, que les vieux praticiens considéraient, il y a vingt ans à peine, comme des *utopies*, ont été réalisés en quelques années, avec le concours éclairé des hommes d'œuvres de la nouvelle génération, sortis pour la plupart de l'Université de Louvain.

Il est à remarquer que c'est surtout aux applications des découvertes de la *chimie* et de la *physiologie* agricoles que l'on doit la transformation de notre économie morale. Quant à la *physique* de l'air et du sol, c'est-à-dire à l'étude approfondie des agents météoriques, de l'influence respective du calorique, de la lumière, de l'électricité, du vent, de la pluie, de la grêle et des orages sur le sol arable et sur la végétation, il reste encore beaucoup à faire dans nos stations et laboratoires, insuffisamment outillés et rétribués pour ces études spéciales. C'est là, comme le constatait l'an dernier M. le professeur Stainier, dans une réunion d'agronomes et de chimistes présidée par M. Proost, " un domaine *très vaste, encore presque vierge* et, dans bien des cas, ces propriétés ignorées ou mal connues jouent un rôle aussi important que les propriétés chimiques „ (1).

Leur connaissance n'est donc pas moins indispensable au cultivateur et il serait bien facile aujourd'hui avec les éléments dont le Gouvernement dispose (laboratoires, station agronomique, écoles régionales, service des agronomes de l'État, etc.), de les développer et de les propager.

C'est principalement dans ce but que nous avons préconisé

(1) Procès-verbal de la réunion du 23 décembre 1902, BULLETIN DE L'AGRICULTURE, 1893. Rapport de M. Poskin.

la création d'un service de la *carte agronomique* à la station agricole de Gembloux vers laquelle pourraient converger les travaux des explorateurs dans le domaine encore si peu connu et cependant si important de la physique agricole.

Depuis lors, nous avons pris l'avis de nombreux agronomes et de spécialistes, en leur signalant les beaux travaux de Marié Davy au laboratoire de Montsouris, près Paris. Ils ont été unanimes à reconnaître l'existence de cette lacune dans notre enseignement et à réclamer la réalisation du plan qui leur a été soumis.

La commission déjà réunie dans ce but au Ministère serait chargée de préparer les matériaux nécessaires et de désigner un spécialiste pour chacun des groupes suivants : météorologie, géologie, hydrologie, études des diverses propriétés physiques, expériences culturales, analyses physiologiques et chimiques, statistiques comparées.

Le service de la carte ainsi compris pourrait rendre aux cultivateurs des services inestimables, en s'attachant par exemple, à la recherche des lois qui régissent la formation des orages à grêle, la genèse et la marche des courants électriques de l'atmosphère et la transformation des divers principes élaborés par les diverses plantes cultivées sous l'influence des agents physiques, dont la part d'intervention respective n'a pas été déterminée suffisamment jusqu'ici.

Suivant la méthode suivie à Montsouris, ces phénomènes seraient étudiés *au point de vue agricole* sans discontinuité, grâce aux appareils enregistreurs perfectionnés, calorimètres, actinomètres, pluviomètres, hygromètres, ozonimètres, etc., etc.

Les observatoires nous fournissent évidemment déjà des données précieuses, mais les *moyennes* régionales publiées chaque mois ne sont pas de nature à nous éclairer dans la pratique. “ Ce qu'il faudrait connaître, dit très bien M. Stainier, ce sont les extrêmes, les variations locales, surtout pour la pluie, la neige, l'influence de l'exposition et de l'orientation, de la pente, etc. „

Nous savons bien que de soi-disant praticiens jetteront le manche après la cognée, en présence d'un programme aussi vaste, comme ils le faisaient jadis quand nous préconisions les applications de la chimie agricole à la culture et à l'élevage des animaux domestiques.

Les travaux immortels de Liebig, de Boussingault, de Dumas, etc. comprenaient des recherches plus compliquées et plus

irréalisables en apparence, quand il s'agissait notamment d'établir les lois de la nutrition animale. Ils y sont parvenus cependant et l'utopie d'hier est devenue la vérité resplendissante et indiscutable qui a permis à l'agriculture de triompher providentiellement de la crise économique, en doublant ou triplant le rendement de ses produits et en améliorant toujours leur qualité.

On ne saurait assez appeler l'attention des économistes sur ces résultats qui confondent les théories *à priori* des adversaires de l'intervention de l'État dans l'expansion des industries et l'enseignement des sciences appliquées. N'en déplaise à l'École d'Herbert Spencer, partout où l'on s'est borné, en matière agricole, à faire appel à l'initiative privée, l'on a piétiné sur place et l'on n'est guère sorti de l'ornière de la routine (1).

Ici comme dans les autres domaines industriels ou scientifiques, les réformes accomplies, depuis 1885, par le Gouvernement catholique ont démontré une fois de plus qu' " *il ne peut y avoir de désaccord entre la Foi et la Science* „ et que les véritables amis du progrès social ne sont pas les soi-disant progressistes politiciens, qui prêchent l'irréligion et la révolte.

Ce ne sont pas seulement les adversaires politiques du Gouvernement qui s'inclinent devant l'évidence des progrès réalisés par la vulgarisation scientifique du service technique de l'agriculture, mais les agronomes et les économistes de l'étranger.

Les journaux agricoles français ne cessent d'appeler l'attention sur nos écoles, particulièrement sur notre enseignement féminin en insistant sur *la richesse* apportée au pays par la participation *éclairée* de la femme aux travaux des champs.

" Dans un rapport sur l'enseignement (département du Nord), nous voyons, dit M. Daubresse, que la crise sucrière, qui menace ce pays, oblige les agriculteurs prévoyants à se préoccuper des sous-produits de la ferme qui ne peuvent être obtenus, disent-ils, dans ce rapport, que par la collaboration des femmes.

(1) Lire l'excellent ouvrage de M. Max Turman intitulé : *Les Associations agricoles en Belgique*. Nous signalons à M. Turman, pour la prochaine édition, les efforts tentés par certains industriels pour inspirer le goût de l'agriculture et de l'horticulture à leurs ouvriers afin de les attacher au sol et de les préserver du socialisme en développant l'amour de la propriété et de la vie de famille. C'est ainsi qu'à Mousty, par exemple, l'on a pu voir, l'an dernier, une suggestive exposition maraîchère et fruitière des ouvriers de la fabrique Cordier. Les terrains cultivés en légumes, pommes de terre, fruits, etc. ont été mis en partie gratuitement à la disposition des ouvriers auxquels l'instituteur donne des séries de conférences rétribuées par le Gouvernement.

„ Un pays, notre voisin, la Belgique, a admirablement organisé l'enseignement agricole féminin, et il a obtenu des résultats merveilleux. Il a compris, plus tôt que nous, que la désertion des campagnes et leur appauvrissement progressif sont causés par le défaut des femmes de ménage rurales. Et, ayant déterminé la cause du fait regrettable, il y a paré immédiatement avec une énergie, un zèle qui lui ont assuré un entier succès. Quelques preuves à l'appui :

„ En Belgique, le Gouvernement a organisé un cours d'économie domestique, en quinze leçons, adressé aux fermières. Il a autorisé les comices agricoles à les admettre à leurs délibérations. Il a établi des écoles volantes de laiterie. Elles fonctionnent d'une façon temporaire et nomade de trois mois en trois mois, afin d'aller, au village même, porter l'enseignement aux jeunes filles qui ne peuvent suivre les écoles ménagères. L'industrie laitière a pris une grande extension. A l'heure présente, plus de 6000 écrémeuses à bras fonctionnent dans les fermes. Plus de 400 laiteries coopératives travaillent le lait, produit des élevages de 50 890 cultivateurs. Au 1er octobre 1902, il y avait 467 de ces laiteries en activité ; en 1895, elles étaient 69. Nous laissons à ces chiffres toute leur force.

„ On jugera de la richesse apportée au pays depuis quelques années. En 1890, l'excédent de l'importation du beurre s'élevait à 10 177 640 kil. alors qu'en 1903 cet excédent n'est plus que de de 2 402 560 kilogrammes. La production a été tellement rapide qu'elle va dépasser les besoins nationaux. Immédiatement nos voisins songent à déverser leurs produits sur les pays les plus proches. Ils essaient d'écouler leurs produits à Londres, mais sans succès. A Paris, ils réussissent à la suite de la participation au concours de Vincennes de la Société nationale de laiterie, qui s'était jointe à *La Campagnarde*. Si nos nationaux eussent été prêts, ils n'auraient pas laissé passer le marché en des mains étrangères.

„ L'industrie fromagère est également florissante. D'autres industries s'ajoutent à la fromagerie : la fabrication du lait stérilisé, du lait condensé, du beurre stérilisé. Ces dernières industries sont déjà prospères en Suisse, en Allemagne, en Italie, en Angleterre, en Hollande.

„ L'enseignement proprement dit est organisé dans trois catégories d'institutions (1).

(1) " Aux trois degrés : primaires, secondaires et supérieurs. „

„ Dès son apparition, le succès de l'enseignement ménager des jeunes filles fut inouï. La première école fut créée à Virton en 1891. Elle réussit si parfaitement que neuf autres établissements du même genre furent presque immédiatement ouverts (1). Au 31 décembre 1903, on comptait environ 20 000 élèves ayant fréquenté les différents cours. Toutes les écoles sont annexées à des établissements privés, seulement l'État accorde des subsides s'élevant à 40 000 fr. chaque année *et à 100 000 fr.* pour les écoles volantes. Des expositions collectives, des examens, des inspections, soutiennent, stimulent le zèle des divers établissements, assurent le recrutement des agriculteurs et agricultrices. Une ère de prospérité admirable s'est ouverte dans ce petit pays pour l'agriculture et *son enseignement agricole sans rival peut servir de modèle à tous les pays qui voudraient en organiser un semblable.* „

En ce qui concerne l'élève et l'amélioration du bétail et de la race chevaline, les efforts du Gouvernement ont été couronnés également d'un plein succès.

La réputation universelle de nos chevaux de gros trait, le triomphe éclatant remporté à l'exposition de Paris par nos éleveurs en sont la preuve.

Le rapport des agronomes de l'État, qui vient de paraître aux Bulletins de l'Agriculture, signale l'accroissement constant de l'élevage du cheval et l'augmentation du nombre des bêtes laitières par suite du développement des sociétés coopératives.

Il y a aussi augmentation croissante, proportionnelle, dans l'emploi des matières alimentaires du commerce pour le bétail. La culture intensive des prairies suit la même marche ascendante. Dans les régions où se pratique l'engraissement, on constate que les vrais fermiers préfèrent de plus en plus l'élevage qui rapporte davantage et qui rapporterait plus encore si la main-d'œuvre ne faisait défaut. Cette situation prospère du cheptel bovin est due à la cherté du bétail maigre et aux progrès merveilleux de la laiterie.

L'élevage du porc tend à faire aussi de rapides progrès dans plusieurs régions, notamment en Flandre. Le Département de l'agriculture a nommé une commission pour étudier et favoriser la sélection de la race en Belgique. Depuis lors on signale, non seulement dans les Flandres mais dans le Brabant et dans le

(1) " En France, nous en avons deux qui végètent, l'une à Kervilers (Finistère), l'autre à Coëtlegon (Ille-et-Vilaine). „

Limbourg, nombre d'élevages bien entendus et très rémunérateurs.

Il en est de même pour la chèvre. Cette *vache du pauvre*, comme on l'a appelée avec raison, a fait l'objet d'expériences de sélection tout à fait remarquables en France, résultats sur lesquels le service technique de notre département avait appelé l'attention des cultivateurs dès 1896.

En 1899, M. Crépin, directeur de *La Chèvrerie parisienne,* qui avait réussi à créer, après de longs tâtonnements, une race de chèvres de stabulation dont le lait avait perdu cette odeur de bouc qui se dégage surtout dans les chèvreries mal tenues, fut invité par M Proost, directeur de l'Agriculture, à exposer ses produits à Bruxelles.

Malheureusement, une épizootie obligea de différer l'exposition qui devait avoir lieu à Bruxelles, et depuis lors de nombreux agronomes et médecins ont préconisé cet élevage au double point de vue de l'hygiène et des intérêts des petits cultivateurs.

La chèvre jouit, on le sait, d'une précieuse immunité contre la tuberculose qui se transmet trop souvent à l'homme par le lait ou même, assure-t-on, par le beurre de vache.

M. Crépin, directeur de la laiterie parisienne, qui était alors attaché au ministère de la guerre à titre de chef de bureau, nous écrivait ce qui suit, en réponse aux questions que nous lui avions posées :

" Tout le monde ici trouve le *beurre* de chèvre délicieux quand il est frais, et, comme le fait observer M. Pauwels dans le numéro de Chasse et Pêche du 30 juillet, l'on retrouve à un degré absolument remarquable le goût et l'odeur de l'aliment consommé par l'animal.

„ Je n'ai malheureusement pas sous la main les plantes aromatiques nécessaires pour me permettre de donner au public une idée de ce fait particulier, mais on voudra bien retenir l'indication précieuse qui s'en dégage.

„ La quantité de beurre et de fromage varie énormément selon la *race*. Les chèvres *beurrières* sont les *espagnoles*, tandis que les *fromagères* sont les chèvres *corses*.

„ Ce que j'ai surtout cherché c'est la chèvre nourrice, et mes expériences m'ont fait conclure en faveur de certaines races alpines.

„ Celles-ci donnent un lait très abondant mais faible en beurre et en caséum. Il réussit d'autant mieux pour l'alimentation des

bébés que *sa composition chimique est très voisine du lait humain.*

„ Il y a jusqu'à quasi-similitude dans la manière dont se précipite le flocon caséeux, au moment de la coagulation. La chèvre bien nourrie et bien traitée peut donner un produit *supérieur à tous égards à celui de la vache.* „

Nous avons eu cette année à Courtrai une exposition de chèvres sélectionnées de plus de mille têtes. Cette initiative des coopératives fondées par le Gouvernement et par quelques particuliers en dit plus que tous les commentaires, car l'élevage de la chèvre de choix était presqu'inconnu chez nous, il y peu de temps encore.

Rappelons de nouveau en terminant l'attention de nos lecteurs sur les publications des agronomes de l'État et des professeurs de nos écoles d'agriculture dans les BULLETINS DE L'AGRICULTURE (1).

Ils y trouveront notamment des indications précieuses sur les rendements des différentes récoltes, des champs d'expériences et de démonstrations, la statistique, la géologie et la météorologie agricole, les sociétés coopératives de vente et d'achat, les progrès de la laiterie, de la fromagerie, les rapports des laboratoires d'analyse, enfin des travaux originaux scientifiques ou économiques relatifs à l'agriculture.

Les avis aux cultivateurs, publiés dans le même format, sont distribués *gratuitement* aux agriculteurs sous forme de *tracts*. Vingt-quatre de ces tracts ont paru jusqu'ici.

Le lecteur jugera, par l'énumération suivante, de la haute utilité de ces publications :

1° La destruction des insectes ; 2° Les écoles temporaires de laiterie pour jeunes filles ; 3° Des écoles d'agriculture pour jeunes gens ; 4° Le service des Agronomes de l'État ; 5° Les services de renseignements pour la laiterie ; 6° Les expériences de vulgarisation organisées par le Département de l'agriculture ; 7° Les laboratoires d'analyses de l'État et les laboratoires agréés ; 8° Les services de renseignements relatifs aux ravages des insectes et aux maladies des plantes ; 9° La tavelure du poirier et du pommier ; 10° Le campagnol, histoire naturelle et moyens de destruction ; 11° La pourriture de la pomme de terre ; 12° Renseignements au sujet des principales mesures prises dans l'intérêt de l'agriculture ; 13° L'enseignement ménager

(1) Abonnement, 3 fr. par an ; six fascicules formant un volume de 1200 à 1500 pages. S'adresser au Ministère, 3, rue Beyaert.

agricole ; 14° L'enseignement horticole ; 15° L'ensilage des fourrages verts ; 16° Consultations écrites des agronomes de l'État ; 17° La sélection des semences ; 18° L'hygiène du bétail ; 19° et 20° L'alimentation rationnelle du bétail ; 21° Résultats des champs d'expériences dirigés par les agronomes de l'État ; 22° Consultations écrites ; 23° Tuberculose bovine, instructions aux cultivateurs ; 24° Korte raadgevingen voor den *Veekweek*.

Les conditions climatériques si différentes qui ont présidé aux diverses phases de la végétation en 1902 et 1904 nous offrent des données fort instructives, parfaitement résumées dans les rapports des agronomes de l'État.

Tandis que le printemps et l'été de 1903 furent humides et froids, la belle saison qui vient de finir a présenté des conditions exceptionnellement favorables à la végétation des céréales et des arbres fruitiers, tandis que les prairies naturelles et artificielles souffraient de la sécheresse, au grand préjudice de l'élève du bétail.

En 1902, les mois de novembre et de décembre amenèrent des gelées intenses et subites ainsi que des gels et des dégels successifs alors que la neige faisait défaut ; aussi, toutes les céréales avaient souffert, il fallut en resemer un peu partout. Le mois d'avril 1903, sauf quelques beaux jours, fut humide et froid, et la neige tardive arrêta l'essor de la végétation. Ce n'est que le 20 mai que le temps redevint sec et chaud et que les céréales se développèrent vigoureusement jusqu'au 10 juin. Puis le temps redevint froid et pluvieux jusqu'au 20. En juillet et en août des pluies froides presqu'incessantes et des orages contrarièrent la moisson et causèrent les plus graves préjudices, en provoquant la verse, en multipliant les mauvaises herbes, en détériorant la paille et en faisant germer les grains dans les javelles.

Tandis que cette année la récolte s'est faite de quinze jours à trois semaines plus tôt que d'habitude, en 1903 la maturation fut retardée de 15 à 20 jours et la récolte se fit dans des conditions déplorables. Cependant quelques beaux jours marquèrent la fin du mois d'août et permirent d'achever le fauchage et la rentrée des blés, dont la qualité laissa beaucoup à désirer. L'ouragan du 11 septembre 1903 causa des ravages importants dans les vergers. Les fermiers sont unanimes à reconnaître que, sans les secours des machines qui permettent de battre le blé sur place, la récolte eût été un vrai désastre.

La maladie de la pomme de terre ou la pourriture fit son apparition partout où l'on n'avait pas employé avec discernement

la bouillie bordelaise délaissée à tort par les cultivateurs. Le rendement des betteraves fourragères et sucrières fut médiocre, la richesse en sucre inférieure de 1 1/2 en moyenne à celle de 1902.

Par contre, les prairies naturelles et artificielles donnèrent des fourrages abondants.

Presque toutes les plantes cultivées furent attaquées par des parasites, pucerons, champignons, algues etc. Rouille, charbon, suie (fumago) etc. Les fruits ont été rares partout à cause des intempéries du printemps. Au contraire, l'année 1904 marquera comme une année d'abondance exceptionnelle au point de vue de la production fruitière. Les fruits se vendent à la campagne à des prix dérisoires, mais, dans les grandes villes comme Bruxelles, ils continuent à se payer cher comme le gibier. Il n'y a pas lieu de s'étonner que ce commerce enrichisse rapidement ceux qui s'y livrent. Aussi ne peut-on assez préconiser la formation de syndicats de vente qui permettraient aux cultivateurs de ne plus être à la merci des citadins pour la vente de leurs fruits et de leurs légumes. L'expérience des coopératives laitières, dont les produits se vendent aisément à des prix rémunérateurs quand ils sont bons, est concluante sous ce rapport. Il y a longtemps que nous avons préconisé également l'organisation de syndicats pour la fabrication des conserves à domicile et la préparation des fruits séchés. Si ces conseils n'ont pas été suivis jusqu'ici en Belgique, nous nous plaisons à constater qu'en Amérique, notamment au Canada, on partage notre manière de voir (1). Avis aux agronomes et conférenciers agricoles.

V. D. B.

GÉOGRAPHIE

—

Les ports badois sur le Rhin (2). — Le développement de la navigation rhénane a porté le gouvernement du *Grand-Duché de Bade* à l'agrandissement et à l'amélioration de ses ports, et à la création de nouvelles places fluviales.

(1) Journal d'agriculture et d'horticulture de la province de Québec (août 1904).

(2) Par J. Franconie, Ann. de Géogr., 12me année, 15 novembre 1903, pp. 447-450.

Mannheim, dont la prospérité tient moins peut-être à sa disposition naturelle — il se trouve entre le *Rhin* et le *Neckar* — qu'aux efforts combinés et intelligents de l'État badois, de la municipalité et des chemins de fer, qui marchent d'accord ici avec la batellerie pour plus le grand bien du commerce, *Mannheim*, disons-nous, est aujourd'hui le terminus de la grande navigation sur le *Rhin*. S'il n'est pas, par son tonnage, le premier port intérieur de l'*Allemagne*, il l'est du moins pour la valeur des marchandises. C'est là qu'aboutissent les charbons (4 216 000 t. en 1901) de la *Ruhr*, destinés aux manufactures et usines du *Würtemberg* et de la *Bavière*, les blés américains (810 000 t. en 1901), transbordés à *Rotterdam* sur des chalands, et qui font de *Mannheim* le principal marché de céréales de l'*Allemagne*, d'autres produits enfin qui lui donnent l'aspect d'un vrai port maritime et en font une place commerciale des plus importantes. Sa prospérité ne cesse d'augmenter : le trafic n'était en 1885 que de 1 716 000 t., et il a monté en 1900 à 5 328 000 t. Et cependant *Mannheim* avait à lutter contre la canalisation du *Main* jusque *Francfort*, contre le développement de *Ludwigshafen*, qui lui fait face, et contre l'ouverture de nouveaux ports en amont sur le *Rhin*.

Toutefois il y avait danger pour la ville de rester une place exclusivement commerciale ; en face d'elle, sur la rive opposée du *Rhin*, dans le *Palatinat*, grandissait *Ludwigshafen*, où la grande industrie avait pris un bel essor et fait monter les importations à 1 503 000 t. Décidé à rester, coûte que coûte, le centre d'approvisionnement et de distribution de l'*Allemagne du Sud*, *Mannheim* s'est complété non seulement par la création d'un puissant port industriel, qui a provoqué l'établissement de manufactures et d'usines, mais par le creusement à *Rheinau*, à 10 kilomètres en amont, sur la rive droite du *Rhin*, d'un nouveau port destiné à supplanter sa dangereuse concurrente, beaucoup mieux partagée au point de vue de la place.

Pendant la lutte contre *Ludwigshafen*, un nouveau rival se développait rapidement en amont de *Mannheim* ; c'était *Strasbourg* (1). Pour maintenir sa situation privilégiée, l'État badois s'imposa de nouveaux sacrifices. Sans attendre, grosse imprévoyance peut-être, la régularisation du *Rhin*, il créa des ports à *Carlsruhe* et à *Kehl*.

Carlsruhe, situé à cinq kilomètres du fleuve, ne profitait

(1) Cf. Revue des Quest. scientif., 1904, 3e série, t. V., pp. 303-305.

guère, par suite de la nécessité d'un transbordement, des avantages du transport à bon marché par voie d'eau. Aussi la municipalité, en prévision de l'amélioration du fleuve, a-t-elle fait creuser, à l'entrée de la ville, un port pourvu de tout l'outillage moderne et relié à l'artère fluviale par un canal de deux kilomètres. Ouvert le 1er mai 1901, le port présentait à la fin de l'année un trafic de 134 000 t.

Quant au port de *Kehl*, il n'a été créé que pour faire concurrence à *Strasbourg ;* mais *Kehl* n'a jamais été une grande place commerciale, et elle ne se trouve pas, comme *Mannheim*, ni même comme *Strasbourg*, au point de jonction de deux voies navigables. Aussi les chemins de fer badois en seront-ils pour leurs frais dans les efforts qu'ils ne cessent de faire pour détourner de *Strasbourg* les marchandises à destination de la *Haute-Alsace* et de *Bâle*. En 1901 le trafic du port de *Kehl*, inauguré le 1er mai 1900, n'a été que de 53 000 t.

Les grands ports français de l'Atlantique (1). — Ces ports sont *Nantes*, *Saint-Nazaire*, *La Rochelle*, *Bordeaux*, dont le trafic respectif a été, en 1902, de 1 068 000 t., 1 300 000 t., 710 000 t., et 2 250 000 t. L'ensemble, soit 5 328 000 t., est très inférieur, malgré l'avantage de la position géographique, à celui d'*Anvers* et de *Hambourg* ; encore y voyons-nous figurer pour 2 600 000 t. les charbons anglais, qui envahissent la *France* de l'ouest, au détriment des houillères de *Saint-Étienne*, contraintes, faute d'un rayon de vente assez étendu, de limiter leur extraction par des chômages périodiques. Cette importation si considérable de combustible étranger est loin de se traduire par une production industrielle et par une exportation correspondantes. Le fret de sortie, pour les quatre places que nous étudions, n'a pas dépassé, en 1902, 1 100 000 t. Il résulte de cette disproportion entre les arrivages et les expéditions une entrave à la croissance régulière d'un port. Celle-ci n'est possible que si les navires ne doivent pas sortir sur lest et aller chercher dans une autre place maritime le fret de retour nécessaire. Il faut donc drainer et créer ce fret de sortie : le drainer en étendant la zone desservie, le créer en développant comme à *Marseille* les industries urbaines qui ont intérêt à se porter de plus en plus vers la mer, la route économique par excellence des matières premières.

(1) Par Paul Léon, Ann. de Géographie, 13me année, 15 mai 1904, pp. 243-256 ; — 15 juillet 1904, pp. 322-333.

Voyons sommairement les efforts déployés pour réveiller la torpeur des quatre anciens marchés français, établis sur les rivages de l'*Atlantique*.

C'est une erreur de croire que *Nantes* et *Saint-Nazaire* se complètent l'un l'autre, et sont outillés en vue d'une coopération qui semble imposée par la position géographique. Leur histoire est celle d'une constante rivalité ; elle reflète presque les changements survenus depuis un demi-siècle dans les conditions des transports maritimes et dans la méthode d'établissement des ports.

En 1840 un bassin à flot à l'embouchure de la *Loire* parut indispensable pour recevoir les grands navires qui ne pouvaient plus remonter jusqu'à *Nantes*, et pour arrêter par le fait la décadence de ce port. Ce bassin, créé à *Saint-Nazaire*, pauvre village de pêcheurs, fut bientôt insuffisant et on en créa un second, qui s'ouvrit en 1881. Le village ne tarda pas à faire place à une ville entièrement neuve, siége de la *Compagnie transatlantique* et de ses chantiers de construction, et où vinrent s'établir aussi les forges et aciéries de *Trignac*. Malheureusement, l'alimentation en eau est trop insuffisante pour assurer la marche normale d'usines nouvelles et, d'autre part, l'industrie nantaise ne s'est pas déplacée comme on l'avait espéré. *Nantes*, dont la prospérité passée fut remarquable, a gardé ses capitaux, ses armateurs, son marché, créateur du trafic, et, loin de songer à émigrer vers la mer, elle a cherché à attirer la mer jusqu'à ses quais. Un canal maritime fut créé qui, depuis 1893, permet de recevoir à toute marée des navires calant six mètres; le port a repris son activité passée ; son tonnage a doublé en neuf ans ; mais sa physionomie est toute spéciale. Loin d'être reléguées dans la banlieue comme à Marseille, les usines font corps avec la ville, dont la prospérité est de plus en plus intimement liée à l'utilisation et à la transformation industrielle des ressources locales. Ces ressources sont surtout agricoles, car *Nantes* se trouve dans un pays de céréales et d'élevage, de vignobles et de cultures maraîchères. Actuellement la ville compte au moins trois cents usines (constructions navales, métallurgie, huileries, savonneries, sucreries, conserves, biscuiteries, etc.) et occupe 25 000 ouvriers ; l'activité est telle que l'arrivage des houilles par mer a passé depuis 1891 de cinq mille à près de quatre cent mille tonnes.

Mais voici que *Nantes* ne veut plus seulement, comme en 1893, sauvegarder son existence de port maritime ; elle aspire à deve-

nir un port de grande navigation et réclame l'accès pour les navires calant huit mètres ; cette profondeur est indispensable pour assurer aux arrivages un fret assez économique et aux lignes de navigation, qui font la vie normale d'un grand port, la régularité indispensable. Toutefois les Nantais ne demandent pas qu'on leur accorde cette profondeur par l'élargissement du canal, qu'ils sont prêts à abandonner, mais par le dragage direct du chenal et du lit du fleuve : c'est vouloir l'écrasement de sa rivale ; mais celle-ci veille : son tonnage le montre ; par un étrange paradoxe, alors qu'en approfondissant la *Loire,* on invite en quelque sorte les cargo-boats à remonter directement et sans arrêt jusqu'à *Nantes,* on outille d'autre part *Saint-Nazaire,* de manière à lui conserver ce qui fait, il est vrai, sa raison d'être, l'accès à des profondeurs plus considérables que celles de *Nantes ;* on la dote actuellement d'une écluse de 218 mètres, qui offrira des profondeurs de $9^{m},50$ à 10 mètres. Sera-ce le salut de cette ville qui n'a aucune vie propre, parce qu'elle n'a ni passé, ni industries, et dont les 30 000 habitants forment en quelque sorte une colonie de commerçants et de fonctionnaires ? Nous avons peine à le croire. La victoire définitive restera à *Nantes,* qui ne veut pas seulement être le port des usines de la *basse Loire,* mais le port d'approvisionnement de la *France* centrale. Il lui faut à cet effet créer et attirer le fret de sortie qui lui manque. Or les produits de l'industrie locale, de même que les marchandises chères, ne constituent pas des éléments de cargaison suffisants ; l'exportation n'a été, en 1902, que de 173 000 t. ; il faut donc demander le fret lourd à l'arrière-pays, où il est abondant : pierres à bâtir de la *Mayenne,* marbres de *Sablé,* ardoises de *Trélazé,* chaux de la *Maine.* orges de la *Sarthe ;* mais il faut pour cela compléter l'outillage proprement dit des bassins et des quais, par un réseau bien organisé de voies navigables à fret toujours modique, et de chemins de fer. Le problème ici est complexe. Les uns demandent la régularisation du cours de la *Loire,* tant en amont qu'en aval d'*Angers* ; d'autres patronnent un canal latéral au fleuve. Se basant sur le trafic probable et sur les industries à desservir, M. *Paul Léon* propose une tout autre solution. Pour lui ce n'est pas la région de *Blois* ou d'*Orléans,* dont le développement industriel est très strictement limité, qu'il faut relier à l'*Atlantique,* mais bien la zone d'industries anciennes et fort vivaces qui souffre tant aujourd'hui de l'absence de débouchés : usines de construction de *Vierzon,* vieille métallurgie du *Berry,* fours à chaux de *Beffes,*

groupe des forges de la *Nièvre*, rivages du *Canal du Centre*, véritable rue d'usines se succédant sans interruption de *Chalon-sur-Saône* à *Digoin*. La véritable *Loire* navigable, celle qui peut offrir un intérêt économique et des garanties financières, ne devrait donc pas suivre la courbe du fleuve vers le nord, mais aller rejoindre jusqu'à *Tours* le canal du *Berry*, qui, même avec ses dimensions exiguës, suffit à un mouvement de plus de 500 000 t.

A défaut de bonnes artères fluviales, *Nantes* ne peut donc compter pour le moment que sur les voies ferrées. Or ici encore ce port, comme tous ceux de l'*Atlantique*, est victime de la configuration géographique des réseaux français. Ces réseaux ont leurs lignes les plus développées et les plus intenses dans le sens du méridien, et convergent vers *Paris*. Les compagnies exploitantes ont intérêt à conserver, sur leurs rails, pendant le plus long parcours, les voyageurs et les marchandises ; elles évitent donc d'utiliser les courants transversaux qui profiteraient aux concurrents, et paralysent ainsi la circulation entre les villes de l'Est et les ports de l'*Atlantique*. Le remède est tout indiqué : recourir sans tarder à de nouvelles combinaisons de tarifs et d'horaires.

L'histoire du port de *La Rochelle* est analogue à celle de *Saint-Nazaire*. Il s'est développé d'après les mêmes principes, sous l'empire des mêmes idées. L'encombrement a exigé un complément d'outillage. Le réseau des chemins de fer de l'État venant d'autre part de se constituer, il fallut lui assurer sur l'*Atlantique* un port capable de jouer le même rôle que *Nantes* et *Bordeaux* pour les *Compagnies d'Orléans* et du *Midi*. De là la construction du bassin à flot de *La Pallice*, ouvert au commerce depuis 1890. Une profondeur de $9^{m},50$ assurée aux navires, une écluse d'entrée de 235 mètres, une cale de radoub de 180 mètres, une surface d'eau de 11 hectares et demi, bordée d'une zone de terrains de 200 mètres de largeur : tels sont les éléments de ce puissant outillage maritime, qui n'a pas coûté moins de trente millions. Malheureusement, ici comme à *Saint-Nazaire*, l'alimentation en eau laisse à désirer et, l'industrie ne prenant pas le développement voulu, le trafic ne dépasse pas 286 000 t. Ce qui ajoute encore à cette infortune, c'est que la zone d'action du port de *La Rochelle* ne dépasse pas les limites du réseau de l'État. Or ce réseau, fait observer M. *Léon*, dessert une région bien médiocrement industrielle et n'est pas né viable. Il est enserré entre les grandes lignes de la *Compagnie d'Orléans*

qui desservent *Bordeaux* et *Nantes* et détournent sur ces deux ports le trafic du centre et de l'est. Cherchant à garder les voyageurs et les marchandises sur ses rails pendant le plus long parcours possible, elle les empêche d'achever leur trajet sur le réseau voisin et dresse des barrières d'horaires ou de tarifs, presque infranchissables, tout le long de sa frontière, de *Tours* à *Poitiers*, *Angoulême* et *Bordeaux*.

Pour les voyageurs toutefois une entente est intervenue ; mais pour les marchandises la Compagnie se refuse à tout arrangement. Il se fait ainsi que les houilles anglaises sont transportées de *Saint-Nazaire* à *Lyon*, donc sur les lignes *Paris-Orléans* et *Paris-Lyon-Méditerranée*, au prix de 15 fr. 40 la tonne, alors qu'elles payent 19 fr. 80 de *La Rochelle* à *Lyon*, soit 4 fr. 40 de plus pour 73 kilomètres de moins.

Placé à l'estuaire de la *Gironde*, dans une situation analogue à celle de *Nantes*, *Bordeaux* a dû, malgré les profondeurs de sept mètres que les navires trouvent le long de ses quais, compléter son outillage par la création d'un avant-port à *Pauillac*, à 50 kilomètres vers l'aval. Il assure des profondeurs moyennes de 8 mètres et des profondeurs maxima de $9^{m},25$. Les relations entre *Bordeaux* et *Pauillac* ne sont pas comparables à celles qui existent entre *Nantes* et *Saint-Nazaire*. *Pauillac* en effet n'a aucune autonomie, c'est une entreprise bordelaise. Il n'est même pas un port maritime, c'est une simple gare de transbordement, où un appontement couvert de rails permet le passage direct du navire au wagon.

Bordeaux ne s'est pas développé industriellement comme *Nantes* ; il est resté uniquement port de commerce, et souffre par ce fait d'une stagnation relative. Son rôle commercial est fondé, non sur le passage des marchandises en provenance ou à destination de l'intérieur, mais surtout sur la mise en valeur de ressources locales ou strictement régionales. Ce sont les vins qui ont fait la prospérité de *Bordeaux* ; mais c'est aussi pour avoir fondé ses bénéfices sur la vente de cette unique spécialité, aujourd'hui si menacée, et s'être endormie dans la routine, que cette ville traverse une pénible crise. L'exportation qui était en 1890 de 1331000 quintaux métriques est tombée en 1901 à 890 000, et la valeur a baissé de 159 à 79 millions de francs.

Comme il ne faut guère songer à faire revivre la prospérité vinicole, par quoi doit-on chercher à la remplacer ? Tout d'abord on a fait une utilisation meilleure des ressources très variées qui peuvent animer le commerce du port : vente de la morue, dont

l'*Espagne* est le grand pays de consommation ; fabrication de ciment et de machines agricoles; expédition des pierres de construction des deux *Charentes*, etc. Puis on s'efforce de créer un port industriel, doté des grands espaces nécessaires pour l'installation des mines. Enfin *Bordeaux* " essaie non pas seulement de créer le fret, mais de l'attirer, non pas seulement de mettre en valeur les richesses de la région, mais de devenir le port d'expédition et de transit de tout le *Midi*. Sa destinée se trouve donc liée, comme celle des autres ports de l'*Atlantique*, à la valeur même des voies de transport qui le desservent : voies navigables et chemins de fer. „

Pour les transports par eau, *Bordeaux* occupe une situation privilégiée. Le mouvement de la batellerie est intense dans tout l'arrière-pays. Mais la grande artère de jonction entre l'*Atlantique* et la *Méditerranée*, c'est-à-dire le *Canal du Midi*, ne remplira efficacement tout son rôle économique que le jour prochain où un gabarit uniforme sera établi pour les canaux de *Bordeaux* à *Cette*. Pour le moment le commerce bordelais ne doit compter que sur les chemins de fer. Or, à part la ligne *Bordeaux-Cette*, on doit constater une fois de plus l'absence de courants transversaux bien organisés entre l'est et les ports de l'*Atlantique ;* il semble cependant que ce ne sont pas les tarifs élevés et les frais de toute sorte (8 fr. 25 par tonne), grevant la marchandise de la gare de la *Bastide (Bordeaux)* jusqu'au navire ancré à l'avant-port, qui détournent le trafic de *Bordeaux* vers d'autres ports favorisés; la faute en est à la longueur des délais de transport réglementaires. Tandis qu'entre *Lyon* et *Bordeaux* (625 kilomètres) le délai est de seize jours, il est de huit jours seulement entre *Bâle* et *Dunkerque* (746 k.) ou *Anvers* (610 k.).

Grâce à l'amélioration des voies navigables et aux réformes de tarifs qui sont à l'étude, on peut espérer une plus brillante ère de prospérité pour les ports de l'*Atlantique* " demeurés jusqu'ici singulièrement isolés de l'intérieur du pays, et qui, selon les paroles de Michel Chevalier, semblent condamnés à mener, aujourd'hui comme au milieu du dernier siècle, une existence solitaire „.

De l'Atlantique au Tchad par le Niger et la Bénoué (1). — On sait que la *France* cherche à établir solidement son

(1) Capitaine Lenfant. La Géographie, 1904, t. IX, 15 mai, pp. 321-342, 1 carte et 1 figure; Bull. du Comité de l'Afrique française, juin 1904, pp. 186-199 et 1 carte.

autorité dans les territoires du *Tchad*, qui lui ont été reconnus par diverses conventions. Pour le moment elle néglige le *Kanem* et le *Baghirmi*, dont la valeur économique est problématique et qui semblent destinés non à une occupation effective mais à l'emploi prolongé d'une marche de protection et de surveillance. En revanche tout l'effort porte sur l'occupation du *Chari-Tchad*, où l'on arrivait jusqu'ici par la voie du *Congo* et de l'*Ubangi*. Or cette route est très longue, fort difficile, car les rapides imposent 170 kilomètres de portage dans une région où l'on ne trouve ni porteurs, ni animaux de bât, et elle est enfin on ne peut plus coûteuse. Il y avait donc intérêt à trouver une route plus rapide, qui favorisât le ravitaillement. En 1902, le capitaine *Löfler* affirma qu'il devait exister une communication entre les bassins du *Niger* et du *Tchad* par la voie fluviale *Mayo-Kebbi* — dépression du *Toubouri-Logone*. C'est la solution de cet intéressant problème géographico-économique que vient d'apporter M. *Lenfant*.

Le 4 août l'explorateur entra dans la rivière *Forcados*, point initial de ses labeurs ; il remonta le *Niger*, puis la *Bénoué*, large de 1500 à 1800 m., et arriva le 26 août à *Garua*, situé dans une plaine marécageuse et pestilentielle. A partir de ce point le courant devient très vif, et l'on dut employer deux jours pour atteindre le confluent du *Mayo-Kebbi*, dans lequel la *Bénoué* refoule ses ondes avec énergie. Le *Mayo-Kebbi*, dominé au nord par une série de faibles éminences, est impétueux, et c'est au prix de grands efforts que le capitaine *Lenfant* atteignit *Bifara* (ou plutôt *Biparé*), à la frontière franco-allemande. Plus en amont la rivière décrit, à travers des roches granitiques, une multitude de sinuosités, parfois brusques et souvent étroites ; puis elle s'épanouit, sans courant, dans les lacs *Trêné* et *Lévé*, et traverse une plaine large, fertile et peuplée ; elle est malheureusement barrée au-dessus de *Lata* (260 m. d'altitude), et séparée du *Toubouri*, par une chute de cinquante mètres, que précèdent des rapides et que bordent deux murailles à pic. On est condamné au portage ; il est facilité par une route excellente et fréquentée, reliant le grand centre de *Binndéré-Moundang* au village de *Sulkano*, situé en face de *M'bourao*, sur le *Toubouri*.

Vers la fin d'octobre l'expédition arriva à l'extrémité septentrionale du *Toubouri*, où la crue était visible ; ce lac, large et profond, forme un crochet vers le sud ; c'est " une fente „ de la grande cuvette qui s'étend depuis *Dikoa* à l'ouest, jusqu'à *Fittri* à l'est, et depuis les dunes situées au sud du *Tchad*, jusqu'à 10° lat. sud. Après huit jours de lutte contre des fatigues

extrêmes que doublait une chaleur étouffante, les explorateurs se trouvèrent dans une petite rivière traversant une série d'étangs et une mare large et profonde (370 m. d'altitude), où se faisait sentir le courant du *Logone*, qu'ils aperçurent enfin. Ils démontraient par l'expérience que le *Tchad* est bien en relation directe avec le *Niger*, et va se perdre comme lui dans l'*Atlantique*, au fond du golfe de *Bénin*.

Le 29 octobre on s'engagea dans le *Logone ;* c'est la rivière la plus active et la plus énergique du bassin de *Tchad ;* sa crue normale atteint $4^{m},60$; aussi épanche-t-il ses eaux sur toute la contrée ; contrairement à l'opinion courante, il n'est pas bordé, sur sa rive gauche, par une chaîne de collines, qui empêcherait ses eaux de descendre à l'*Atlantique*.

Le capitaine *Lenfant* ne s'est pas borné à établir l'existence d'une ligne d'eau continue : *Niger* — *Bénoué* — *Kebbi* — *Toubouri* — *Logone* — *Tchad*. Il résulte de l'étude du régime du *Tchad* et de ses affluents et défluents, qu'une flottille peut descendre le *Logone*, à partir de *Fort-Lamy* jusqu'à *Sulkano*, depuis les premiers jours d'août à la fin d'octobre ; d'autre part la *Bénoué* et le *Kebbi* sont accessibles aux vapeurs, calant six pieds d'eau, à partir du milieu de juillet jusque vers le milieu d'octobre ; c'est donc la possibilité d'effectuer chaque année, pendant trois mois, des ravitaillements, des transports divers et des mouvements de personnel non par une route fluviale de circulation aisée, il est vrai, mais par une voie de pénétration plus directe, plus rationnelle, plus rapide et plus économique que celle du *Congo-Ubangi*. Alors que ce dernier itinéraire demandait cinq mois, comptés à partir de *Bordeaux*, celui proposé par M. *Lenfant* n'exigera, haltes journalières et repos hebdomadaires compris, que soixante-quinze jours environ.

Accords franco-anglais du 8 avril 1904 (1). — En ce qui concerne les pêcheries de *Terre-Neuve*, la *France* renonce aux privilèges établis à son profit par l'article XIII du *traité d'Utrecht* et confirmés ou modifiés par des dispositions postérieures. Mais elle conserve pour ses ressortissants, sur le pied d'égalité avec les sujets britanniques, le droit de pêche dans les eaux territoriales sur la partie de la côte de *Terre-Neuve* comprise entre le cap *Saint-Jean* et le cap *Rouge* en passant par le nord.

Comme compensation territoriale pour l'abandon de son pri-

(1) Bull. du Comité de l'Afrique franç., 1904, pp. 131-140 et 4 cartes.

vilège sur le " Treaty shore ", c'est-à-dire sur une partie de l'île de *Terre-Neuve*, la *France* voit modifier la frontière existant entre la *Sénégambie* et la colonie anglaise de la *Gambie*, de manière qu'elle est assurée de la possession de *Yarbatenda*, et des terrains et point d'atterrissement appartenant à cette localité.

De plus, le groupe désigné sous le nom d'*Iles de Los*, et situé en face de *Konakry*, est cédé par S. M. Britannique à la *France*.

A l'est du *Niger*, un tracé nouveau est substitué à celui de la convention du 14 juin 1898 ; ce tracé englobe en territoire français, de *Sokoto* au *Tchad*, une bande de terrains assez étendue. Quant à l'*Égypte*, le gouvernement de S. M. Britannique déclare qu'il n'a pas l'intention d'en changer l'état politique. De son côté le gouvernement de la République française déclare qu'il n'entravera pas l'action de l'*Angleterre* dans ce pays en demandant qu'un terme soit fixé à l'occupation britannique ou de toute autre manière, et qu'il donne son adhésion à un projet de décret Khédivial, annexé à l'arrangement du 8 avril 1904, et qui contient les garanties jugées nécessaires pour la sauvegarde des intérêts des porteurs de la Dette égyptienne.

Le gouvernement de la République française déclare qu'il n'a pas l'intention de changer l'état politique du *Maroc*. De son côté le gouvernement de S. M. Britannique reconnaît qu'il appartient à la *France*, notamment comme puissance limitrophe du *Maroc* sur une vaste étendue, de veiller à la tranquillité dans ce pays, et de lui prêter son assistance pour toutes les réformes administratives, économiques, financières et militaires dont il a besoin.

Afin d'assurer le libre passage du détroit de *Gibraltar*, les deux gouvernements conviennent de ne pas laisser élever des fortifications ou des ouvrages stratégiques quelconques sur la partie de la côte marocaine comprise entre *Melilla* et les hauteurs qui dominent la rive droite du *Sébou* exclusivement ; sont exceptés de cette disposition les points occupés sur la rive marocaine de la *Méditerranée* par l'*Espagne*, dont les deux contractants ne perdent pas de vue les intérêts qu'elle tient de sa position géographique et de ses possessions territoriales sur la côte marocaine faisant face à *Gibraltar*.

En ce qui concerne le *Siam*, le gouvernement de S. M. Britannique et le gouvernement de la République française maintiennent les articles 1 et 2 de la déclaration signée à *Londres*, le 15 janvier 1896. Toutefois pour compléter ces dispositions, ils déclarent d'un commun accord que l'influence de la *Grande-Bretagne* sera reconnue par la *France* sur les territoires situés

à l'ouest du bassin de la *Meinam*, et celle de la *France* sera reconnue par la *Grande-Bretagne* sur les territoires situés à l'est de la même région, toutes les possessions siamoises à l'est et au sud-est de la zone susvisée et les îles adjacentes relevant ainsi désormais de l'influence française, et d'autre part toutes les possessions siamoises à l'ouest de cette zone et du golfe de *Siam*, y compris la péninsule malaise et les îles adjacentes, relevant de l'influence anglaise.

Les deux parties contractantes, écartant d'ailleurs toute idée d'annexion d'aucun territoire siamois et résolues de s'abstenir de tout acte qui irait à l'encontre des dispositions des traités existants, conviennent que, sous cette réserve, et en regard de l'un et de l'autre, l'action respective des deux gouvernements s'exercera librement sur chacune des deux sphères d'influence ainsi définies.

L'Année cartographique (1). — Nous éprouvons toujours la plus grande satisfaction à signaler cette très utile publication. Faisons rapidement quelques glanures dans les trois feuilles : *Asie, Afrique, Amérique,* qui forment le travail actuel, et qu'accompagne, comme toujours, un texte. Sur la feuille d'*Asie* se rencontrent, dressés par M. *E. Giffault*, les itinéraires de l'expédition *Kozloff*, à travers la *Mongolie* et le *Tibet*, 1899-1901 ; — de M. *Logan Jack* à travers le *Ya-Long*, le *Yang-tsé*, le *Mékong* et la *Salouen*, 1900 ; — de M. *W. Barclay-Parsons*, de *Han-Kéou* à *Canton ;* c'est la principale des trois routes qui met *Canton* en communication avec les villes du centre et du nord de la *Chine ;* nous avons enfin le tracé du chemin de fer de *Lao-Kai* à *Yun-nan sen*, auquel les Français attachent une importance économique et politique considérable ; il s'agit, en effet, pour eux de l'avenir du *Tonkin*, dont les provinces chinoises constituent en quelque sorte l'hinterland. La consciencieuse notice de M. *D. Aïtoff* est surtout consacrée à l'exploration russe ; il montre combien MM. *Kozloff*, *Kaznakoff* et *Ladyghine*, qui n'avaient encore fait parvenir qu'une esquisse trop rudimentaire de leurs itinéraires, ont rectifié les cartes de leurs prédécesseurs, en ce qui concerne le tracé des cours d'eau, l'emplacement et la forme des lacs, la position des localités ; ces modifications sont parfois tellement considérables qu'il faut renoncer à comparer les levés

(1) Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie, par F. Schrader, 12me année. Paris, Hachette, 1903, in-fo.

rapportés par les trois explorateurs à ceux du général *Bolcheff*, qui a visité les mêmes parages. C'est ainsi que le relief de la contrée, c'est-à-dire de l'*Altaï Mongol* et du pays avoisinant, " n'a rien de semblable avec ce que représentent les cartes existantes ".

Trois cartons forment la partie cartographique consacrée à l'*Amérique ;* ils donnent le *Honduras*, d'après la carte du Dr *K. Sapper ;* la partie du versant oriental de la *Bolivie*, d'après les explorations du colonel *J. M. Pando*, les levés de *Sir Martin Conway*, et d'autres renseignements inédits ; enfin l'état d'avancement au *Canada* des publications et levés du *Geological Survey*, et les progrès des levés topographiques et géologiques aux *États-Unis*. Les notices de M. *V. Huot* ne sont pas aussi absolument cartographiques que celles de M. *Aïtoff*, et lorsqu'il donne le relevé de recensements (*Canada*, 5 338 883 h., *États-Unis*, 76 215 129 h.), il s'écarte certainement de l'esprit de la publication que nous analysons. Mais plutôt que de chicaner sur ce détail, nous préférons retenir quelques données intéressantes. Le *Mont Mac Kinley*, qui fait partie du système de l'*Alaskan Range*, au nord-ouest de la rivière *Sushitna* (63° 5′ lat. N., 153° 20′ long. W. de Paris), se dresse à l'altitude considérable de 6237 mètres ; il passe ainsi au premier rang des grands sommets de l'*Amérique Septentrionale*, sensiblement au-dessus du massif de *Saint-Élie* (5948 et 5514 mètres). La voie ferrée qui a été construite de *Skagway* aux rapides du *White Horse (Copper River)*, par dessus la *White Pass*, afin de faciliter l'accès des régions aurifères du *Klondike*, est un fait capital pour ces régions éloignées. Dans la zone des *barren grounds* du nord de l'*Amérique*, c'est-à-dire entre le Grand Lac de l'*Esclave* et la baie de *Hudson*, M. *Tyrrell* a reconnu un affluent septentrional du Grand Lac, et a découvert la rivière *Thelon*, important cours d'eau accessible aux vapeurs de rivière, et tributaire du *Chesterfield Inlet*. Dans la partie centrale de la *Californie*, du cap *San-Lucas* à la baie *Seb. Vizcaino*, le pays est assez aride et ne présente guère de ressources ; d'autre part la topographie est assez uniforme : à l'est, sur le golfe intérieur, se trouve une haute chaîne montagneuse ; entre celle-ci et l'*océan Pacifique*, une grande plate-forme s'abaisse graduellement vers l'ouest, et est coupée par d'innombrables *cañons* à fond presque toujours à sec. En *Bolivie* il faut modifier entièrement le tracé de la rivière *Pancartambo ;* elle est le principal affluent du *Madre de Dios*, et non, comme on l'avait admis

jusqu'ici, une des branches de l'*Urubamba*, grand tributaire de l'*Ucayali*. Pour rejoindre l'*Amarumayu* ou *Madre de Dios*, le *Pancartambo* doit faire un grand coude vers l'est, aux environs du 11° 20′, et il se dirige ensuite vers le sud-est sous le nom de *Rio Manú*. Avant de quitter l'*Amérique* signalons de façon particulière le résumé, excellent et que nous regrettons de ne pouvoir reproduire, fait par M. *Huot*, du bel article consacré par le colonel *G. Earl Church* à la géographie physique de l'*Amérique du Sud*.

M. *Marius Chesneau* n'a pas seulement rédigé la notice qui accompagne la feuille d'*Afrique*, il en a aussi dressé les diverses cartes : Bassin du *Ntem* et du *Rio Benito*, d'après M. *Lesieur* ; — Région de la *Haute Koto*, d'après MM. *Bos* et *Superville* ; — *Ethiopie méridionale* et région de la frontière soudanaise, d'après les itinéraires de sept différentes missions ; — itinéraire en *Rhodésia* par *P. H. Selby* ; — enfin croquis de l'*Afrique*, montrant les chemins de fer en exploitation, projetés, concédés ou en construction.

La notice comporte trois parties : un relevé des diverses explorations ayant eu cours en 1901 ; une série de faits politiques ; enfin le détail des voies ferrées établies ou projetées en Afrique. Nous ne voulons plus répéter que les deux premières parties sont insignifiantes ; la dernière en revanche présente un intérêt d'autant plus vif qu'elle s'étaye sur une carte très claire.

Nous n'avons jamais tari d'éloges sur l'Année Cartographique ; aussi osons-nous exprimer le vœu qu'à l'avenir le texte ne soit plus imprimé au dos des cartes, mais sur feuilles distinctes ; on facilitera largement ainsi la lecture attentive des notices.

F. Van Ortroy.

NÉCROLOGIE

M. le Mis de NADAILLAC

L'impression de cette livraison s'achevait quand nous est parvenue l'annonce de la mort d'un de nos collaborateurs les plus sympathiques, M. le Mis de Nadaillac, membre corres-

pondant de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, ancien préfet des Basses-Pyrénées et d'Indre-et-Loire, décédé au château de Rougemont, à Saint-Jean-Froidmentel, à l'âge de quatre-vingt-six ans.

Le temps et la place nous manquent pour retracer ici cette longue et féconde carrière ; nous voulons du moins rappeler les relations cordiales et les services excellents dont le savant anthropologiste honora la *Société scientifique* pendant plus de vingt-cinq ans.

M. le Mis de Nadaillac, homme de foi autant qu'homme de science, fut des premiers à applaudir au but de la *Société scientifique* et à lui prêter son concours. Il était des nôtres depuis 1879.

Aussi longtemps que l'âge ne le retint pas éloigné de nos réunions, il prit part aux travaux de nos sessions, qu'il dirigea, en qualité de Président, pendant l'année sociale 1883-1884. A plusieurs reprises, il voulut bien se charger de la conférence, dans nos assemblées générales.

Sa collaboration à notre Revue surtout fut très active et très précieuse. Bien des volumes de cette collection contiennent un ou plusieurs articles, relatifs aux sciences préhistoriques et anthropologiques, signés de son nom. Ils furent toujours très favorablement accueillis par nos lecteurs qui estimaient très haut — nous en avons reçu souvent le témoignage — les vastes connaissances et le ferme bon sens de l'auteur. Les années n'avaient point diminué son zèle. Dans une lettre récente, qui devait être la dernière, il me parlait de divers sujets d'articles qu'il se proposait d'écrire pour notre Revue.

M. le Mis de Nadaillac est mort rassasié de jours, en pleine activité intellectuelle, fortifié par sa foi de chrétien, riche des mérites de ses œuvres et de ses bons exemples.

La *Société scientifique* reconnaissante dépose sur la tombe de son ancien président et de son zélé collaborateur, avec le tribut de ses prières, l'hommage de ses profonds et sincères regrets.

J. Thirion, S. J.

TABLE DES MATIÈRES

DU

SIXIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LVI DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JUILLET 1904

—

PIE X ET LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES 5

LES ORIGINES DE LA STATIQUE *(suite)*, par M. **P. Duhem** . 9

FIGURES PEINTES OU INCISÉES SUR LES PAROIS DES GROTTES PRÉHISTORIQUES DATANT DE LA FIN DU PALÉOLITHIQUE OU DES DÉBUTS DU NÉOLITHIQUE, par **M. le Mis de Nadaillac** 67

LES TEMPÉRATURES THERMODYNAMIQUES ET LE ZÉRO ABSOLU, par **M. Aimé Witz** 97

LES NOTIONS DES ZÉNO SUR LES PAYS TRANSATLANTIQUES. Nouvelles preuves de leur véracité *(suite)*, par **M. E. Beauvois**. 121

LES SURPRISES DE LA STRATIGRAPHIE, par **M. A. de Lapparent**. 145

LE SANG *(suite)*, par **M. M. Lefebvre** 180

VARIÉTÉS. — I. *La nouvelle Artillerie de campagne*, par **M. Élisée Julens** 246

II. *La géographie du Spitsberg*, par **M. Jules Leclercq** 256

BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours d'Analyse, professé à l'École Polytechnique, par G. Humbert, **P. P.** 226

II. Lehrbuch der Differenzenrechnung, von Demetrius Seliwanoff, **D. T.** 275

III. Obras sobre Mathematica, do Dr F. Gomes Teixeira, **D. T.** 276
IV. Teoria geometrica de las Lineas alabeadas y de las Superficies desarrollables, por Ed. Torroja y Caballé, **L. T.** 277
V. Einleitung in die analytische Geometrie der höheren algebraischen Kurven nach den Methoden von Jean Paul de Gua de Malves. Ein Beitrag zur Kurvendiskussion, von Dr Paul Sauerbeck, **H. Bosmans, S. J.** 280
VI. Traité théorique et pratique des Moteurs à Gaz et à Pétrole, tome II, par A. Witz, **N. S.** 288
VII. Étude sur l'emploi de l'Air comprimé à haute tension comme moyen de transport mécanique souterrain, par A. Sohier et G. Massart, **V. L.** 292
VIII. Les Sous-marins et la prochaine Guerre Navale, par H. Noalhat, **B.** 294
IX. Impressions lumineuses sur la rétine par M. Charpentier, **G. Lechalas** 298
X. La Géologie expérimentale, 2e édition, par Stanislas Meunier. **C. de K.** 302
XI. Premières notions de Géologie, par Jules Cornet, **G. Schmitz, S. J.** 308
XII. Cours d'Exploitation des mines, tome II, par Alfred Habets, **V. L.** 310
XIII. Les soins aux malades : livre Ier, Manuel ; livre II, Questionnaire, par le Dr Surbled, **C. de K.** . . 314
XIV. Les quatre Éléments : le feu, l'air, l'eau, la terre. Histoire d'une hypothèse, par le Chanoine J. Laminne, **G. Monchamp** 316

Revue des recueils périodiques.
Sciences militaires, par **B.** 320
Minéralogie, par **M. Louis Henry.** 329
Mines, par **M. V. Lambiotte** 331
Nécrologie : G. Salmon, G.-G. Stokes, Prosper Henry, O. Callandreau, L. Cremona, H.-M. Stanley . . . 338

Bulletin bibliographique 350

LIVRAISON D'OCTOBRE 1904

—

Les travaux et la vie de M. Louis de Bussy, par **M. A. de Lapparent** 353
La toile des Épeires, par **M. J.-H. Fabre**. 371
Les origines de la Statique *(suite)*, par **M. P. Duhem** . 394
Les Peupliers au point de vue cultural et pratique, par **M. C. de Kirwan**. 474
Le Chauffage au pétrole en marine, par **M. A. A. Fauvel** 509
Les notions des Zeno sur les pays transatlantiques. Nouvelles preuves de leur véracité *(suite)*, par **M. E. Beauvois**. 534

Variétés. — I. *La Fortification du champ de bataille*, par **M. le capitaine-commandant Ch. Beaujean** 573
II. *La Belgique sans le Congo*, par **M. Alex. Halot** 592

Bibliographie. — I. Leçons élémentaires sur la théorie des Fonctions analytiques, par Éd. A. Fouët, **M. O.** 597
II. Leçons élémentaires sur la théorie des Groupes de transformations, professées à l'Université de Messine par G. Vivanti, traduites par A. Boulanger, **M. O.** 610
III. Leçons sur l'Intégration et la recherche des Fonctions primitives, par Henri Lebesgue, **M. O.** . 615
IV. L'Euclide emendato del P. Gerolamo Saccheri. Traduzione e note del Prof. G. Boccardini, **P. M.** 618
V. Phénomènes fondamentaux et applications du Courant alternatif, par R. Swingedauw, **A. Witz** 619
VI. Éléments de Chimie inorganique, par W. Ostwald, traduits de l'allemand par L. Lazard, **V. S.** 621
VII. Handbuch der Erdebebenkunde, par Aug. Sieberg, **F. de M. de B.** 629
VIII. L'art de bâtir dans les pays à tremblements de terre, par le Comte F. de Montessus de Ballore, **J. T.** 633

IX. Les Lois Naturelles, réflexions d'un biologiste sur les sciences, par Félix Le Dantec, **C. de Kirwan** 636
X. Les Gutturales grecques (Recueil des travaux publiés par la Faculté de philosophie et lettres, Université de Gand, 29e fasc.), par Joseph Mansion, **J. Van den Gheyn, S. J.** . . . 642
XI. Annuaire financier et économique du Japon, publié par le Ministère des Finances, 4e année, **B.** 644
XII. Histoire du Syndicat mixte de l'industrie roubaisienne, par Alex. Faidherbe, père, **A. V.** . 650
XIII. Le Imposte nello Stato moderno. Vol. I, l'Imposizione personale secondo il diritto finanziario positivo, par Aless. Garelli, **A. V.** 651
XIV. Étude historique et critique sur les Jeux de Bourse et les Marchés à terme, par Ém. Vercamer, **A. V.** 654
XV. Cours d'Économie politique, tome II, par C. Colson, **A. V.** 656

Revue des recueils périodiques.

Histoire des Mathématiques et des Sciences, par **H. Bosmans, S. J.** 659
Agriculture, par **V. D. B.** 678
Géographie, par **F. Van Ortroy** 686

Nécrologie. *M. le Mis de Nadaillac*, par **J. Thirion, S. J.** 699

Louvain. — Imp. Polleunis & Ceuterick, 32, rue des Orphelins, 32

AMNH LIBRARY
100226256